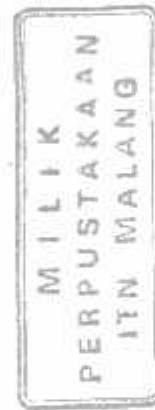


# **SKRIPSI**

## **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENYELEKSI NYALA ATAU MATI BOLA LAMPU DENGAN MENGGUNAKAN RENESAS R8C/TINY**



**Di susun oleh :  
I MADE YUNANTARA  
0217051**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**September 2007**

---

## LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENVELEKSI NYALA  
ATAU MATI BOLA LAMPU DENGAN MENGGUNAKAN  
MIKROKONTROLER RENESAS R8C/TINY

### SKRIPSI

*Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

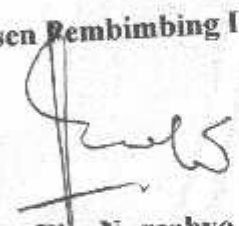
I MADE YUNANTARA  
02.17.051

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I

  
Setyohadi, ST.

Dosen Pembimbing II

  
Ir. Eko Nurcahyo  
NIP.Y.1028700172

Mengetahui,

  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
  
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.  
NIP.Y. 1039500274

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2007



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1**  
**KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA**

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : I Made Yunantara  
NIM : 02.17.051  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Alat Penyeleksi Nyala Atau  
Mati Bola Lampu Dengan Menggunakan RENESAS  
R8C/TINY  
Dipertahankan dihadapan Team Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Pada :  
Hari : Kamis  
Tanggal : 6 September 2007  
Dengan Nilai : 72 (B+) *Jul*



**Panitia Ujian Skripsi**

**Ketua**  
**(Ir. Mochtar Asroni, MSME)**  
**NIP.Y. 1018100036**

**Sekretaris**

**(Ir.F.Yudi Limpraptono, MT)**  
**NIP.Y. 1039500274**

**Anggota Penguji**

**Penguji Pertama**

**(Dr. Cahyo Crvastian, Msc)**  
**NIP. 1030400412**

**Penguji Kedua**

**(M. Ashar, ST, MT)**  
**NIP.1030500408**

I MADE YUNANTARA, 2007. Judul "Perancangan dan Pembuatan Alat Penyeleksi Nyala Atau Mati Bola Lampu Dengan Menggunakan Mikrokontroler Renesas R8C/TINY" Skripsi Teknik Elektro Strata 1, Konsentrasi Teknik Elektronika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen Pembimbing I: Sotyohadi, ST, MSc. Dosen Pembimbing II : Ir. Eko Nurcahyo.

---

## ABSTRAKSI

Kata kunci: *LDR, Photodiode, LCD, Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny.*

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini sangatlah pesat. Seiring dengan perkembangan tersebut, manusia dituntut untuk melaksanakan segala sesuatu bukan hanya cepat, tetapi juga harus tepat. Untuk itu manusia senantiasa mencari cara untuk mempermudah pekerjaannya sehari-hari. Berkaitan dengan hal tersebut, manusia juga cenderung untuk mencari alternatif pemecahan masalah bagi pekerjaan yang dilakukan secara manual sehingga pekerjaan tersebut dapat dikerjakan secara otomatis.

Berkaitan dengan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana merancang suatu sistem kendali yang dapat mendeteksi mati atau hidup bola-lampu, sehingga dapat memilah dan memastikan bola-lampu yang mati dan bola-lampu yang masih hidup, bagaimana mendeteksi keadaan lampu apakah hidup atau mati dengan piranti *Mikrokontroler Renesas*.

Skripsi ini memuat perancangan dan pembuatan alat penyeleksi nyala atau mati bola lampu dengan menggunakan *mikrokontroler renesas R8C/Tiny*, yang menggunakan sensor *LDR* sebagai pendeteksi nyala bola lampu dan juga menggunakan *sensor photodiode* yang berfungsi untuk menghentikan sementara motor penggerak bola lampu apabila sensor *LDR* mendeteksi lampu dalam keadaan menyala atau mati maka sensor akan memberikan data ke inputan mikrokontroler, oleh mikrokontroler data ini diproses dan mengcounter +1 untuk menghitung jumlah lampu yang hidup atau mati dan menampilkannya ke *LCD* dan untuk mengaktifkan relay pembalik polaritas tegangan yang berfungsi untuk membalik putaran motor, kearah yang disesuaikan dengan keadaan bola lampu yang dites, jika bola lampu dalam keadaan hidup maka putaran motor kearah kanan dan jika bolam lampu mati maka motor akan menggerakkan konveyor ke arah kiri.

## KATA PENGANTAR

Hormat dan syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa atas pemeliharaan dan penyertaanNya sehingga penulis dimampukan secara maksimal untuk menyelesaikan laporan skripsi ini. Akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Dan Pembuatan Alat Penyeleksi Nyala Atau Mati Bola Lampu Dengan Menggunakan Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny”. Laporan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan Program Strata 1 Teknik Elektro Konsentrasi Elektronika Institut Teknologi Nasional Malang.

Keberhasilan penyusunan laporan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE. selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
  2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
  3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
  4. Bapak Sotyohadi, ST. selaku Dosen Pembimbing I
  5. Bapak Ir Eko Nucahyo. selaku Dosen Pembimbing II
  6. Kedua Orang Tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan doa dalam penyelesaian skripsi ini.
  7. Teman-teman yang telah memberikan motivasi serta bantuan baik berupa tenaga maupun pikiran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
-

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam penyelesaian laporan ini. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini.

Malang, september 2007

Penyusun

---

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
ABSTRAKSI .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Metodologi .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Mikrokontroler Renesas R8C/Tiny .....	5
2.1.1 Spesifikasi R5F21134FP .....	6
2.1.2 Kelebihan Kunci R8C/Tiny .....	7
2.1.3 Konfigurasi Pin R8C/Tiny R5F21134FP .....	8
2.1.4 Peripheral R8C/Tiny R5F21134FP .....	12
2.2 Sensor LDR.....	14

2.3	Infra Merah .....	16
2.4	Fotodioda .....	17
2.5	Motor DC .....	19
2.5.1	Cara Kerja Motor DC .....	20
2.5.2	Pengendalian Arah Putaran Motor DC .....	23
2.5.3	Motor DC Shunt .....	23
2.6	Relay .....	24
2.7	IC ULN 2003 .....	26
2.8	LCD (Liquid Crystal Display) M1632 .....	27
2.8.1	Sinyal Interface M1632 .....	27
2.8.2	Mengatur Tampilan M1632 .....	29
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .....		33
3.1	Pendahuluan .....	33
3.1.1	Blok Diagram Keseluruhan Sistem .....	34
3.1.2	Penjelasan Perblok .....	35
3.1.3	Cara Kerja .....	36
3.2	Perancangan Sensor LDR .....	36
3.3	Relay Pembalik Polaritas Tegangan .....	40
3.4	Perancangan Rangkaian Sensor Photodiode 1 .....	40
3.5	IC ULN 2003 A .....	42
3.6	Perancangan Rangkaian Sensor Potodiode 2 .....	44
3.7	Perancangan Rangkaian LCD .....	45
3.8	Perancangan Minimum System Mikrokontroller Renesas R8C Tiny R5F21134FP .....	48



3.9 Perancangan Perangkat Lunak (software) .....	49
3.10 Flowchart Keseluruhan Sistem .....	51
BAB IV PENGUJIAN DAN PENGUKURAN ALAT .....	52
4.1 Pengujian Sensor LDR.....	52
4.1.1 Tujuan .....	52
4.1.2 Alat dan Bahan .....	52
4.1.3 Langkah Pengujian .....	52
4.1.4 Hasil Pengujian.....	54
4.2 Pengujian Sensor Photodiode .....	55
4.2.1 Tujuan .....	55
4.2.2 Alat dan Bahan .....	55
4.2.3 Langkah Pengujian .....	55
4.2.4 Hasil Pengujian .....	56
4.2.5 Analisa Hasil Pengujian.....	56
4.3 Pengujian Driver Relay.....	57
4.3.1 Tujuan .....	57
4.3.2 Alat dan Bahan.....	57
4.3.3 Langkah Pengujian .....	58
4.3.4 Hasil Pengujian.....	58
4.4 Pengujian LCD M1632 .....	59
4.4.1 Tujuan .....	59
4.4.2 Alat dan Bahan.....	59
4.4.3 Langkah Pengujian.....	59
4.4.4 Hasil Pengujian.....	60

4.5	Pengujian Rangkaian Keseluruhan .....	61
4.5.1	Tujuan .....	61
4.5.2	Alat dan Bahan .....	61
4.5.3	Prosedur Pengujian .....	61
4.5.4	Hasil Pengujian .....	61
4.6	Spesifikasi Alat .....	63
BAB V PENUTUP .....		64
5.1	Kesimpulan .....	64
5.2	Saran .....	64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Blok Diagram R8C/11,13 dan Peta Peripheralsnya .....	7
2.2	Konfigurasi Pin R8C R5F21134FP .....	8
2.3	Diagram Blok ADC .....	12
2.4	Penggunaan LDR.....	15
2.5	Fitur LDR .....	15
2.6	Simbol Led Infra Merah.....	15
2.7	Simbol Photodiode.....	17
2.8	Garis-garis Medan Magnet disekitar Arus Listrik .....	19
2.9	Kaidah Tangan Kanan.....	20
2.10	Dasar Kontruksi Motor DC.....	21
2.11	Kontruksi Motor DC.....	22
2.12	Arah Putaran Motor DC.....	23
2.13	Cara Kerja Relay.....	25
2.14	Konfigurasi Pin ULN 2003 .....	27
2.15	Mengirim/mengambil data ke/dari M1632 .....	28
2.16	Rangkaian LCD M1632.....	30
3.1	Diagram Blok Sistem .....	34
3.2	Rangkaian Sensor Cahaya .....	39
3.3	Relay Pembalik Polaritas Tegangan Motor .....	40
3.4	Rangkaian Photodiode 1 .....	41
3.5	Pin-pin Koneksi Dalam IC ULN 2003A.....	42
3.6	Rangkaian Darlington Dadalam IC ULN 2003A.....	43

3.7 Rangkaian IC ULN 2003A Sebagai Driver Relay .....	44
3.8 Rangkaian Sensor Photodiode 2 .....	44
3.9 Perancangan Rangkaian Liquid Crystal Display (LCD).....	48
3.10 Rangkaian Minimum System R8C/Tiny R5F21134FP .....	49
3.11 Window IDE EW (High-Performance embedded workshop) .....	50
3.12 Flowchart Kerja Sistem .....	52
4.1 Rangkaian Pengujian LDR .....	53
4.2 Foto Penempatan Sensor LDR Pada Alat .....	54
4.3 Rangkaian Pengujian Infra Merah dan Photodiode .....	55
4.4 Foto Penempatan Sensor Photodiode Pada Alat .....	57
4.5 Pengujian Driver Relay .....	58
4.6 Foto Rangkaian Driver Relay Sebagai Penggerak Motor .....	59
4.7 Blok Diagram Pengujian Tampilan .....	60
4.8 Foto LCD .....	61
4.9 Foto Dari Alat Keseluruhan .....	63

## DAFTAR TABEL

2.1	Konfigurasi Pin-pin dari R8C R5F21134FP .....	9
2.2	Mode-mode Timer .....	13
2.3	Fungsi Pin-pin LCD .....	31
4.1	Tegangan Output pada Rangkain Sensor LDR .....	54
4.2	Tegangan Output Pada Rangkaian Sensor Photodiode.....	56
4.3	Perbandingan Antara Pengukuran dan Perhitungan Tegangan Output Pada Rangkaian Sensor Photodiode .....	57
4.4	Hasil Pengujian Driver relay Sebagai Penggerak Motor DC .....	58



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penggunaan perangkat mikrokontroller telah berkembang pesat didunia industri yang menurut kecepalan dan ketelitian sangat dihandalkan. Pengaturan sistem kontrol pada industri secara keseluruhan memerlukan penanganan yang khusus, pada dasarnya penggunaan mikrokontroller menggantikan posisi penggunaan komponen atau alat-alat pengendali konvensional, seperti relay, kontaktor, timer, counter atau yang lainnya, karena didalam mikrokontroller tersebut sudah ada timer, counter dan yang lainnya disamping itu juga mikrokontroller dapat bekerja lebih teliti dan cepat, serta didalam perawatan rangkaian dan alat yang digunakan lebih sederhana dibandingkan secara konvensional, sebab kelemahan pada sistem kontaktor konvensional adalah lambatnya respon akibat kelambatan secara beruntun dari masing-masing relay serta banyak membutuhkan komponen dan jalur-jalur sambungan pada relay. Sehingga apabila terjadi penambahan ataupun pengubahan maka akan mengubah pula rangkaian pada kontaktornya, dan akan diperlukan waktu yang sangat lama dalam proses perbaikannya, sehingga akan sangat tidak praktis bila digunakan pada industri apa lagi menyangkut peralatan sistem kontrol yang sangat rumit dan komplek.

Selaian itu kelebihan pada peralatan sistem kontrol mikrokontroller dapat diprogram dengan komputer dalam proses mendesain dan melasanakan suatu sistem kendali dapat dilakukan dengan lebih cepat, praktis dan efisien. Hal ini karena proses penyambungan-penyambungan rangkaian telah banyak dilakukan didalam mikrokontroller dengan bantuan program, sehingga apabila hendak mengubah ataupun memodifikasi sistem akan lebih cepat, karena hanya tinggal mengubah program dan menambahkan beberapa peralatan input dan outputnya saja.

Dengan melihat permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka dalam perencanaan tugas akhir ini, Kami mencoba merancang dan membuat alat penyeleksi nyala atau mati bola- lampu dop dikendalikan oleh mikrokontroller Renesas R8C/TINY

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berkaitan dengan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang suatu sistem kendali yang dapat mendeteksi mati atau hidup bola-lampu, sehingga dapat memilah dan memastikan mana bola-lampu yang mati dan mana bola-lampu yang masih hidup.
2. Bagaimana mendeteksi keadaan lampu hidup atau mati dengan piranti kontroller renesas

### **1.3. Batasan Masalah**

Dalam perancangan dan pembuatan alat pendeteksi hidup atau mati bola-lampu dengan menggunakan mikrokontroller Renesas R8C/TINY maka perlu dilakukan pembatasan masalah diantaranya :

1. Bola-lampu yang akan di deteksi adalah bola-lampu dop.
2. Lebih ditekankan pada pembahasan pada sistem pengontrolan elektroniknya.
3. tidak membahas pengepakan.



#### 1.4. Tujuan

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah merencanakan dan membuat suatu alat yang dapat berfungsi untuk mendeteksi bola lampu yang hidup dan mati, alat ini juga dapat memisahkan antara bola lampu yang hidup dengan bola lampu yang mati dan untuk Mempelajari prinsip kerja dari mikrokontroller Renesas R8C/TINY.

#### 1.5. Metodologi

Dalam penyusunan tugas akhir ini yang dilaksanakan adalah bersifat terapan, langkah-langkah yang perlu dikerjakan untuk merealisasikan sistem yang dirancang adalah :

1. Tahap perancangan adalah mengumpulkan data-data komponen dan Study literature dari berbagai macam referensi..
2. tahap perakitan adalah merealisasikan perangkat keras dengan menganalisa segala macam kemungkinan yang terjadi sebelum diadakan perbaikan pada sistem.
3. Data-data komponen yang digunakan dalam perancangan adalah sekunder yang diambil dari data komponen elektronika serta data primer yang dilakukan dengan pengukuran, pemilihan komponen berdasarkan pada perancangan dan disesuaikan dengan komponen yang ada dipasaran.
4. Tahap pengujian peralatan perancangan dan pembuatan alat penycleksi nyala atau mati bola-lampu dengan menggunakan mikrokontroller Renesas R8C/TINY
5. Penulisan laporan.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Pada penulisan tugas akhir ini ditulis sedemikian rupa sehingga diperoleh hubungan yang jelas antara bagian yang satu dengan bagian yang lainnya. Sistematikanya sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang permasalahan, tujuan, ruang lingkup metoda yang digunakan, serta susunan penulisan dari buku tugas akhir ini.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini berisikan teori-teori penunjang yang digunakan dalam perencanaan dan pembuatan tugas akhir.

### **BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Pada bab ini akan di bahas perencanaan dan realisasi perangkat keras serta perangkat lunak yang digunakan.

### **BAB IV PENGUJIAN ALAT**

Bab ini berisi tentang pengujian sistem dan hasil berupa analisa data.

### **BAB V PENUTUP**

Berisikan kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan, realisasi, dan saran – saran.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori penunjang dari peralatan yang direncanakan. Teori penunjang ini akan membahas tentang komponen dan peralatan pendukung pada alat yang dibuat. Pokok pembahasan pada bab ini adalah :

1. Mikrokontroler *Renesas R8C/13 Tiny R5F21134FP*
2. Sensor LDR (Light Dependent Resistor)
3. Infra Merah
4. Fotodioda
5. Motor DC
6. Relay
7. IC ULN 2003 Sebagai Penggerak Relay
8. Liquid Crystal Display ( LCD ) M1632

#### 2.1 Mikrokontroler *Renesas R8C/13 Tiny R5F21134FP*

Renesas Technology adalah produsen semikonduktor tingkat internasional. Renesas terbangun dari gabungan dua produsen semikonduktor, yaitu Mitsubishi dan Hitachi. Sebagai produsen semikonduktor, renesas juga mengeluarkan berbagai jenis keluarga mikrokontroler (MK).

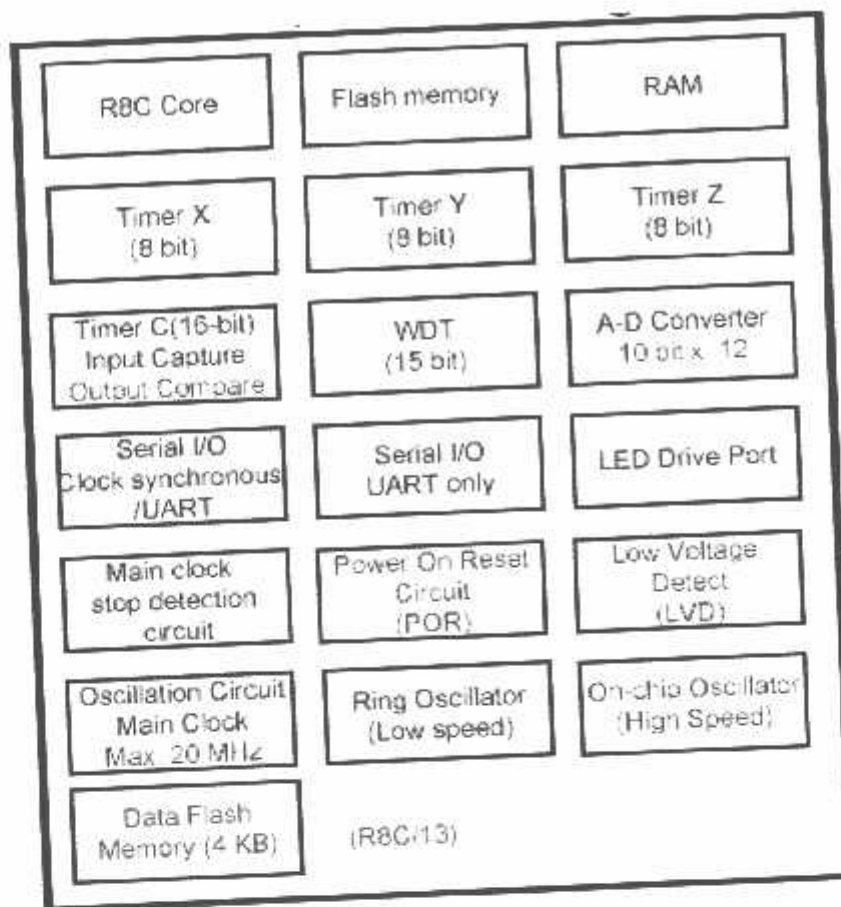
Renesas R8C adalah salah satu jenis seri dalam keluarga MK M16C. CPU R8C sama dengan CPU CISC 16-bit M16C, hanya saja lebar jalur data R8C adalah 8-bit. Karena menggunakan CPU yang sama maka R8C memiliki *instruction set* hampir sama dengan M16C. Perbedaannya hanya terletak pada 2 instruksi, yaitu R8C tidak memiliki instruksi JMPS (*Jump Special Page*) dan JSRS (*Jump Subroutine Special*)

Page). R8C/13 adalah salah satu tipe MK dalam seri R8C. MK ini memiliki kemasan 32-pin LQFP. Dalam perancangan pada skripsi ini menggunakan menggunakan MK seri R5F21134, yaitu R8C/13 yang memiliki Flash ROM 16 KB (1000 E/W cycles) dan RAM sebesar 1 KB.

### 2.1.1. Spesifikasi R5F21134FP

Berikut ini adalah spesifikasi *R5F21134FP* dengan peta peripheral dan memori-memorinya.

- ❖ Mempunyai *CPU Core* (16-bit) 1 – 20 MHz, 3.0 – 5.5 Volt dan 1 – 10MHz 2.7 – 5.5 Volt.
- ❖ Rangkaian Clock, kecepatan *Low/High On-Chip Oscillator*. Clock utama dengan Xin/Xout.
- ❖ Memory (ROM/SRAM) 16 Kbytes / 1 Kbytes, 2 x 2 K Bytes Data Flash pada R8C/12, 13.
- ❖ Kemasan 32 pin LQFP (7mm x 7mm)



**Gambar 2-1.** Blok Diagram R8C/11, 13 dan Peta *Peripheral*-nya  
 Sumber : [www.renesas.com](http://www.renesas.com)

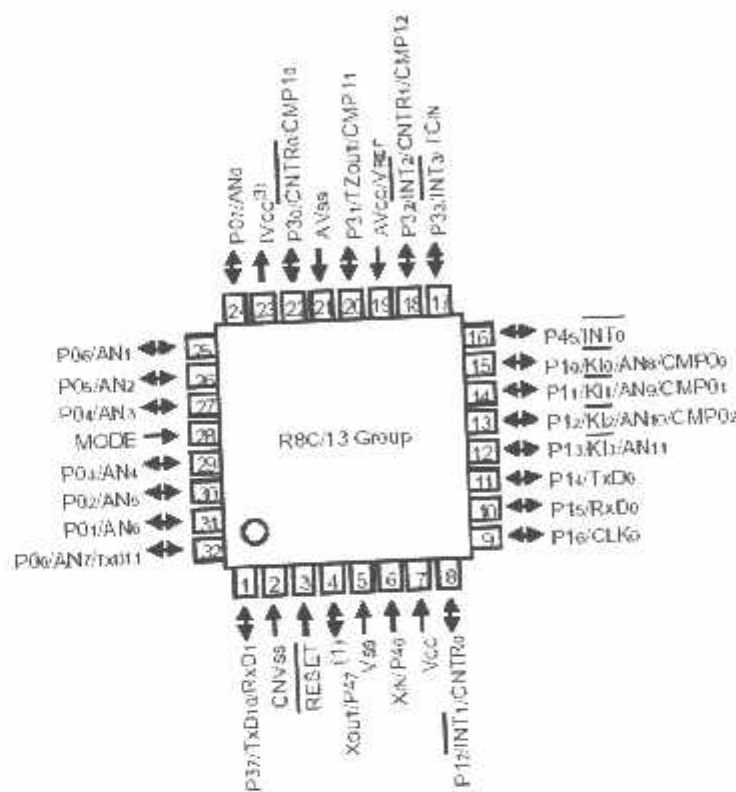
### 2.1.2. Kelebihan Kunci R8C/Tiny

Banyak kelebihan-kelebihan yang dimiliki R8C/Tiny diantaranya adalah :

- ❖ Kompatibel dengan M16C yaitu kompatibel dalam instruksi dan kode.
- ❖ *Peripheral* lebih terintegrasi jadi lebih hemat.
- ❖ *Electromagnetic Compatibility* (EMC) mempunyai EMI rendah, EMS tinggi.
- ❖ *Development Tool* (*Compiler* dan *Debugger*) didapat dengan murah dan difasilitasi *On-Chip Debugger*
- ❖ Mempunyai fitur *fail-safe* yaitu pengamanan terhadap kegagalan sistem.
- ❖ Konsumsi daya rendah.
- ❖ 16-bit CISC CPU dengan kecepatan maksimal 20 MHz (1:1).
- ❖ 89 instruksi CISC lebih hemat ROM kira-kira 20 %, RAM sampai 1 KB.

❖ Waktu konversi ADC hanya 3  $\mu$ S.

2.1.3. Konfigurasi Pin R8C R5F21134FP



Gambar 2-2. Konfigurasi Pin R8C R5F21134FP  
Sumber : [www.renesas.com](http://www.renesas.com)

Gambar diatas adalah kofigurasi pin-pin dari R8C R5F21134FP untuk lebih jelasnya dapat diamati pada tabel dekripsi pin-pin berikut ini :

Tabel 2-1. Koligurasi pin-pin dari R8C R5F21134FP

Nama Sinyal	Nama Pin	Type I/O	Fungsi
Masukan Catu Daya	Vcc, Vss	I	Tegangan 2.7 V – 5.5 V pada pin Vcc. Tegangan 0 V pada Vss pin
I Vcc	Ivcc	O	Pin ini untuk men-stabilkan catu daya <i>internal</i> , pin ini dihubungkan pada Vss melalui kapasitor 100nF. Jangan dihubungkan pada Vcc.
Input Catu Daya Analog	Avcc, Avss	I	Ini adalah untuk catu daya pada ADC. Avcc dihubungkan pada Vcc, A Vss dihubungkan ke Vss. Dianjurkan untuk menghubungkan kapasitor diantara pin A Vcc dan A Vss.
Input Reset	RESET	I	“L” untuk masukan ini merreset MCU
CNVss	CNVss	I	Pin ini dihubungkan pada Vss melalui sebuah resistor.
MODE	MODE	I	Pin ini dihubungkan pada Vcc melalui sebuah resistor.

Input Clock Utama	Xin	I	Pin-pin ini disediakan untuk membangkitkan rangkaian I/O Clock Utama. Dihubungkan dengan sebuah keramik resonator atau kristal diantara pin Xin dan Xout. Jika digunakan clock internal maka pin Xin dan Xout dalam keadaan terbuka.
Output Clock Utama	Xout	O	
Input Interupsi	INT0 – INT3	I	Pin ini sebagai masukan interupsi.
Input Kunci Interupsi	KI0 – KI3	I	Pin ini sebagai masukan kunci interupsi.
Timer X	CNTR 0	I/O	Pin I/O ini adalah untuk Timer X .
	CNTR 0	O	Pin Ouput untuk Timer X.
Timer Y	CNTR 1	I/O	Pin I/O untuk Timer Y.
Timer Z	TZout	O	Pin Ouput untuk Timer Z.
Timer C	TC in	I	Pin Input untuk Timer C.
	CMP00 – CMP03, CMP10 CMP13	O	Pin Output untuk Timer C.
Serial	CLK 0	I/O	Pin I/O untuk memindahkan Clock.
Interface	RXD0, RXD1	I	Pin input untuk data Serial.



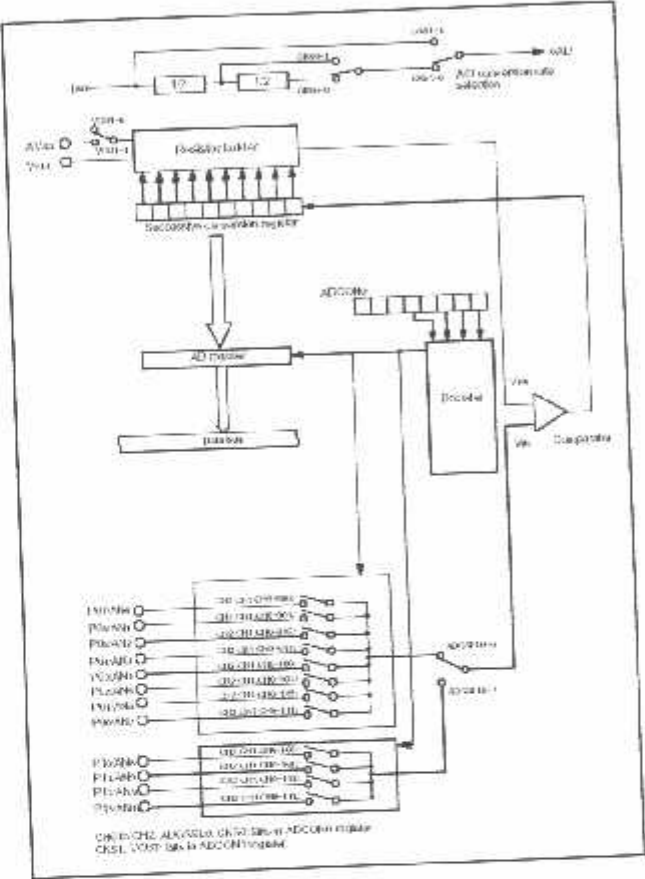
	TXD0, TXD10, TXD11	O	Pin output untuk data Serial.
Input Tegangan Referensi	Vref	I	Tegangan referensi input ini untuk ADC. Vref pin dihubungkan ke Vcc.
ADC, pengubah dari analog ke digital	AN0-AN11	I	Pin analog input pada ADC.
Port I/O	P00-P07, P10-P17, P30-P33, P37, P45	I/O	Merupakan port I/O CMOS 8-bit . Setiap port mempunyai pilihan register pengarah sebagai input atau output. Tiap Port dapat dialamati per bit. Dapat di-set menggunakan pull up resistor dengan program. P10 – P17 mempunyai driver transistor.
Port Input	P46, P47	I	Pin ini hanya bisa digunakan sebagai input.

Sumber : [www.p2mesas.com](http://www.p2mesas.com)

2.1.4. Peripheral R8C R5F21134FP

Mikrokontroler R8C R5F21134FP mempunyai beberapa peripheral-  
peripheral yang banyak digunakan pada beberapa aplikasi-aplikasi penting,  
diantaranya adalah sebagai berikut :

❖ Analog To Digital Converter (ADC)



Gambar 2-3. Diagram blok ADC  
Sumber : [www.renesas.com](http://www.renesas.com)

Dengan 12 SAR ADC S/H yang mempunyai resolusi 8-bit atau 10-bit. Mode Operasinya menggunakan *One-Shot* dan *Repeat* dengan waktu konversi 2.8  $\mu$ s (pada clock 10 MHz). Berikut gambar diagram blok ADC *built in* pada mikrokontroler ini :

### ❖ *Timer Mode*

Mempunyai timer sebanyak 4 yaitu timer X, Y, Z, C. Berikut adalah mode-mode timernya :

**Tabel 2-2. Mode-mode Timer**

Item		Timer X	Timer Y	Timer Z	Timer C
Configuration		8-bit timer with 8-bit prescaler	8-bit timer with 8-bit prescaler	8-bit timer with 8-bit prescaler	16-bit timer
Count		Down	Down	Down	Up
Count source		•f1 •f2 •f8 •f32	•f1 •f8 •fRING •Input from CNTR1 pin	•f1 •f2 •f8 •Timer Y underflow	•f1 •f8 •f32
Function	Timer mode	provided	provided	provided	not provided
	Pulse output mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Event counter mode	provided	provided <sup>1</sup>	not provided	not provided
	Pulse width measurement mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Pulse period measurement mode	provided	not provided	not provided	not provided
	Programmable waveform generation mode	not provided	provided	provided	not provided
	Programmable one-shot generation mode	not provided	not provided	provided	not provided
	Programmable wait one-shot generation mode	not provided	not provided	provided	not provided
	Capture	not provided	not provided	not provided	provided
Input pin		CNTR0	CNTR1	INT0	TCIN
Output pin		CNTR0	CNTR1	TZOUT	not provided
Related interrupt		Timer X int INT1 int	Timer Y int INT2 int	Timer Z int INT0 int	Timer C int INT3 int
Timer stop		provided	provided	provided	provided

Sumber : [www.renesas.com](http://www.renesas.com)

### ❖ *Low Voltage Detect ( LVD )*

LVD adalah untuk mendeteksi Vcc krang dari 3.8 V ( $\pm 0.5$  V)

### ❖ *Watchdog Timer*

Watchdog berfungsi untuk mendeteksi ketika program diluar kontrol.

### ❖ *On Chip Debugger*

Fasilitas ini mempunyai fungsi untuk dapat di-*debug* pada waktu mikro sedang berjalan. Antara PC dan MK dapat berkomunikasi, PC akan mengetahui aktivitas MK saat itu. Syarat-syarat *On Chip Debugger* adalah :

- ❑ Vektor *Address Match interrupt* harus dihindari.
- ❑ *Single step interrupt* tidak dapat digunakan bersamaan interrupt lain.
- ❑ *UART1* tidak boleh dipakai.
- ❑ Instruksi BRK tidak boleh dipakai.
- ❑ Flash Address C000H – C7FFH.
- ❑ PD 3.7 harus “0”.
- ❑ B5 FMR 0 harus “1”
- ❑ Menyiapkan 8 Byte untuk Stack.
- ❑ *On Chip Debugger* berpengaruh pada *timing run*.

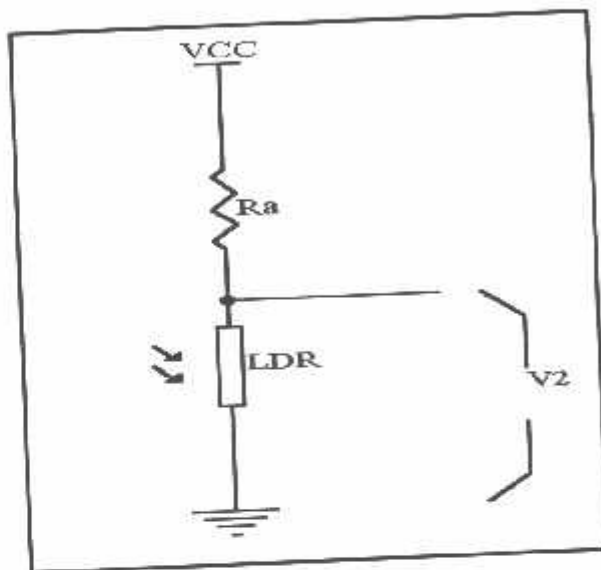
#### ❖ Rangkaian Osilator

Pada osilator utama menggunakan kristal luar sampai dengan 20 MHz, dengan memiliki fitur *Clock Stop Detect*. Kemudian untuk *On Chip* Osilator disediakan kecepatan *Low* 125 KHz dan *High* 8 MHz. Saat setelah reset, default clock adalah kecepatan rendah *On Chip* osilator 125 KHz.

## 2.2. LDR (Light Dependent Resistor)

LDR adalah komponen elektronika yang peka terhadap cahaya sehingga LDR sering digunakan sebagai sensor pendeteksi cahaya. Resistansi LDR akan bergantung dengan banyaknya cahaya yang mengenainya. Dalam tugas akhir ini LDR akan berfungsi mendeteksi atau menyeleksi apakah bola lampu itu hidup atau tidak dan mendeteksi bolam lampu yang masuk keposisi pengecekan bolam lampu hidup

atau mati. Jika LDR kena cahaya maka resistansi LDR menjadi mengecil. Sedangkan jika terkena cahaya maka resistansi LDR menjadi tinggi (diatas 2 M ohm). Dengan mencrapkan hubungan seri antar LDR dan catu daya maka akan didapatkan suatu rangkaian pembagi tegangan sebagai berikut:



Gambar 2.4. Penggunaan LDR  
Sumber : General Catalogue, 94001:1978

Dari gambar diatas terlihat bahwa LDR dan Ra dioperasikan sebagai pembagi tegangan,  $V2 = Vcc \times \frac{R_{LDR}}{R_{LDR} + Ra}$ . Dengan mengecilnya  $R_{LDR}$  maka tegangan pada V2 akan semakin kecil, dan jika  $R_{LDR}$  membesar maka tegangan pada V2 akan membesar.

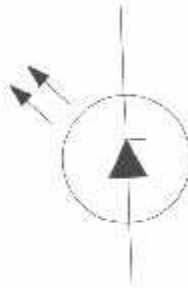


Gambar 2-5 Fitur LDR

### 2.3. LED Infra Merah

LED *infra* merah digunakan untuk menghasilkan sinar *infra* merah. Prinsip kerja dari *infra* merah adalah pada waktu LED *infra* merah dibias *forward*, elektron dari pita konduksi melewati *junction* jatuh ke dalam *hole* pita valensi, sehingga elektron tersebut memancarkan energi. Pada dioda penyearah biasa, energi ini dipancarkan sebagai energi panas, sedangkan pada LED *infra* merah energi ini dipancarkan sebagai cahaya.

Simbol LED *infra* merah yang sering digunakan adalah :



**Gambar 2-6. Simbol LED *Infra* Merah**

**Sumber:** [www.innovativeelectronics.com](http://www.innovativeelectronics.com)

LED *infra* merah merupakan *pin junction* yang memancarkan radiasi *infra* merah yang tidak kelihatan oleh mata kita. Apabila pada anoda diberi tegangan dan katoda ke *ground* maka LED menjadi *ON* dan arus akan mengalir dari anoda ke katoda. Pada reaksi semikonduktor, suatu dioda akan terjadi perpindahan elektron dari tipe N ke tipe P. Proses rekombinasi antara elektron dan *hole* menghasilkan pelepasan energi berupa pancaran cahaya.

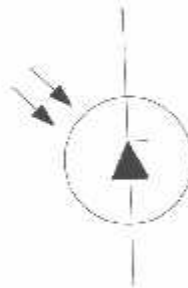
Efisiensi pancaran cahaya akan berkurang seiring dengan berkurangnya arus input dan kenaikan suhu. Pada LED *infra* merah, cahaya yang dipancarkan mempunyai panjang gelombang 0,1 mm – 1  $\mu$ m sehingga pancaran gelombang tersebut tidak tertangkap oleh mata manusia.

## 2.4. Fotodioda

Fotodioda merupakan dioda yang peka terhadap cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas begitu pula dengan spektrum *infra* merah. Karena spektrum *infra* merah mempunyai energi panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka fotodioda lebih peka menangkap radiasi dari *infra* merah.

Komponen ini akan mengubah energi cahaya, dalam hal ini energi cahaya *infra* merah menjadi sinyal listrik. Komponen ini harus mampu mengumpulkan sinyal cahaya sebanyak mungkin sehingga sinyal listrik yang dihasilkan kualitasnya cukup baik. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima maka sinyal pulsa listrik yang dihasilkan akan baik jika sinyal cahaya diterima intensitasnya lemah maka penerima tersebut harus mempunyai pengumpul cahaya (*light collector*) yang cukup baik dan sinyal pulsa yang dihasilkan oleh sensor cahaya ini harus dikuatkan.

Simbol dari fotodioda adalah :



**Gambar 2-7. Simbol Fotodioda**  
Sumber: [www.innovativeelectronics.com](http://www.innovativeelectronics.com)

Pada fotodioda ini terdapat suatu jendela kecil yang memungkinkan cahaya luar dapat masuk mengenai *pin junction*. Pada keadaan normal foto dioda berlaku sebagai dioda biasa yang dapat menghantarkan listrik dari anoda ke katoda, namun mempunyai tahanan balik yang besar. Bila cahaya luar mengenai *pin junction* fotodioda, maka tahanan balik akan mengecil dan menimbulkan arus balik, sehingga foto dioda berlaku sebagai dioda yang dibalik atau dibias *reverse*.

Semakin besar intensitas cahaya yang diterima maka semakin besar pula arus balik yang ditimbulkannya. Bila energi foton diserap dalam suatu semikonduktor maka akan dihasilkan pasangan *electron hole* pada lapisan yang telah dibangkitkan oleh foton yang saling memisahkan diri karena pengaruh medan listrik, dimana elektron-elektron akan menuju ke sisi N dan hole menuju ke sisi P, sehingga dihasilkan arus dari katoda menuju anoda. Karena pengaruh suhu *junction* yang lebih tinggi, menciptakan lebih banyak pasangan *electron hole*, sehingga mengakibatkan arus balik yang melewati *junction* bertambah.

Sebuah foto dioda biasanya dikemas dengan plastik transparan yang juga berfungsi sebagai lensa *fresnel*. Lensa ini merupakan lensa cembung yang mempunyai sifat mengumpulkan cahaya. Walaupun demikian cahaya yang nampakpun masih bisa mengganggu kerja dari fotodioda karena tidak semua cahaya nampak bisa difilter dengan baik. Oleh karena itu sebuah penerima laser harus mempunyai filter kedua yaitu rangkaian filter yang berfungsi untuk memfilter sinyal *carrier* yang terbawa oleh cahaya laser tersebut.

Faktor lain yang juga berpengaruh pada kemampuan penerima infra merah adalah '*active area*' dan '*respond time*'. Semakin besar area penerimaan suatu foto dioda maka semakin besar pula intensitas cahaya yang dikumpulkannya sehingga arus bocor yang diharapkan pada teknik '*reversed bias*' semakin besar. Selain itu semakin besar area penerimaan maka sudut penerimaannya juga semakin besar. Kelemahan area penerimaan yang semakin besar ini adalah *noise* yang dihasilkan juga semakin besar pula. Begitu juga dengan respon terhadap frekuensi, semakin besar area penerimaannya maka respon frekuensinya turun dan sebaliknya jika area penerimaannya kecil maka respon terhadap sinyal frekuensi tinggi cukup baik.



Kaidah tangan kanan untuk motor menunjukkan arah arus yang mengalir didalam sebuah konduktor yang berada dalam medan magnet. Jari tengah menunjukkan arah arus yang mengalir pada konduktor, jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet dan ibu jari menunjukkan arah gaya putar. Adapun besarnya gaya yang bekerja pada konduktor tersebut dapat dirumuskan dengan :

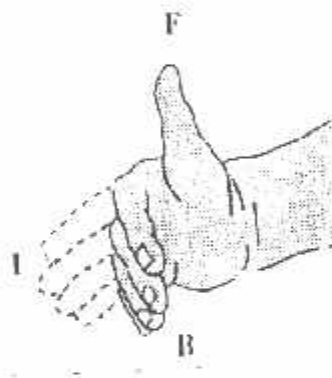
$$F = B.I.L \sin \theta \quad (\text{Newton}) \dots \dots \dots (2-18)$$

Dimana : B = kerapatan fluks magnet (weber)

L = panjang konduktor (meter)

I = arus listrik ( amperc)

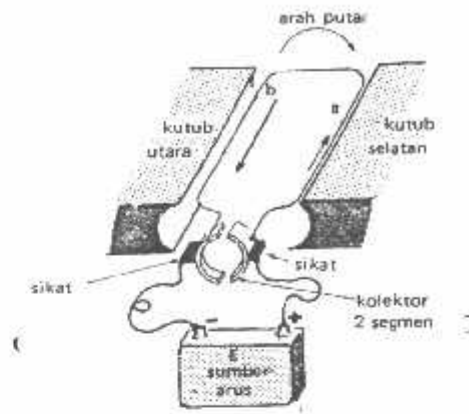
$\sin \theta$  = sudut antara antara arus dengan garis-garis medan



**Gambar 2-9. Kaidah Tangan Kanan**  
Sumber : Fisika

### 2.5.1. Cara Kerja Motor DC

Adapun cara kerja motor DC dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



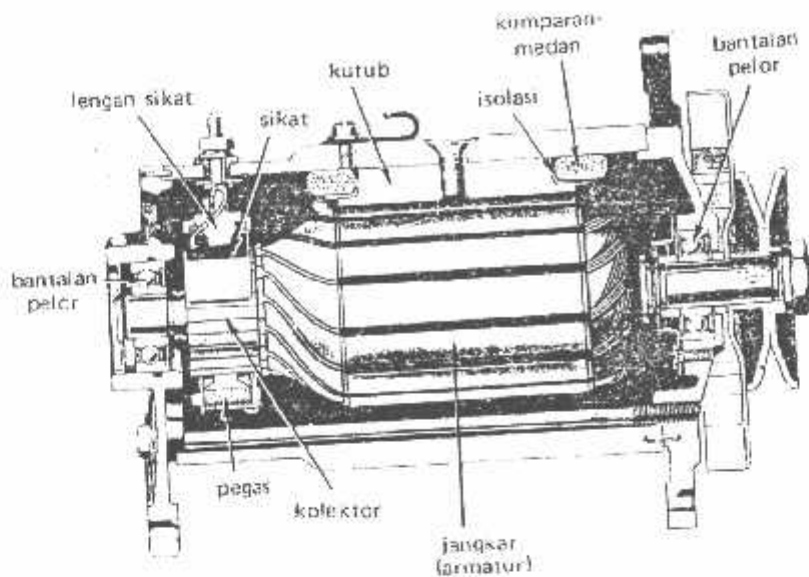
**Gambar 2-10.** Dasar Kontruksi Motor DC

*Sumber : Elektronika dalam Industri*

Ada satu lilit kawat a - b berada di dalam medan magnet. Lilitan ini dapat berputar dengan bebas, lilitan ini biasa disebut dengan jangkar (*armour*).

Pada jangkar dimasukkan arus yang berasal dari sumber (baterai) E. Koneksi baterai dengan jangkar melalui sikat-sikat. Sikat-sikat ini terpasang pada sebuah cincin yang terbelah dua, yang disebut kolektor. Adapun tujuan dari kontruksi ini adalah agar lilitan kawat dapat berputar apabila ada arus listrik yang melewatinya.

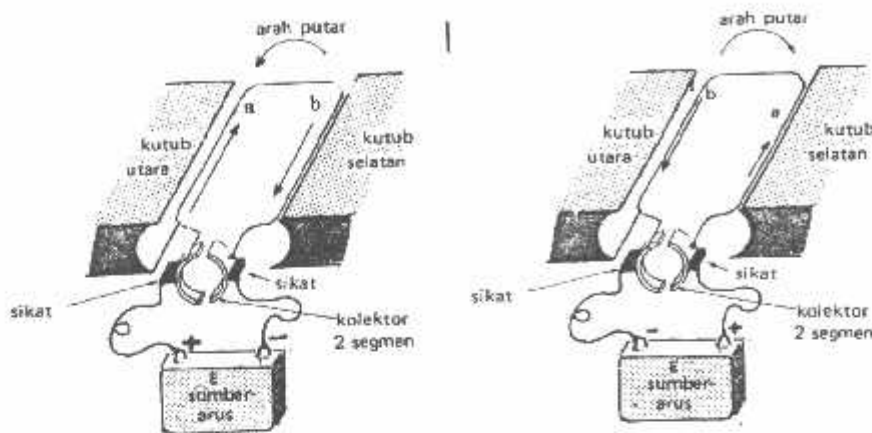
Pada kawat yang berada di kanan arus mengalir dari depan ke belakang dalam kawat yang di kiri, arus mengalir dari belakang ke depan kawat a dan b secara bergantian berada di kiri dan kanan. Karena itu arah arus di a dan arah arus di b selalu membolak balik. Pembalikan arah arus itu terjadi pada saat lilitan kawat melintasi posisi vertikal.



**Gambar 2-11. Kontruksi Motor DC**  
 Sumber : *Elektronika dalam Industri*

Disini kolektor berfungsi bagaikan penyearah mekanik. *Flux* magnet yang ditimbulkan magnet permanen disebut medan magnetnya motor. Dalam gambar arah fluk magnetik adalah dari kiri ke kanan. Adapun gaya yang bekerja pada penghantar b adalah ke atas, sementara gaya yang bekerja pada penghantar a adalah ke bawah. Gaya-gaya yang bekerja sama kuatnya, jadi ada kopel yang bekerja pada kawat sehingga lilitan pun dapat berputar. Setelah berputar  $90^\circ$  arah arus berbalik, pada saat itu penghantar a dan penghantar b bertukar tempat. Akibatnya arah gerak putaran tidak berubah.

### 2.5.2. Pengendalian Arah Putaran Motor DC



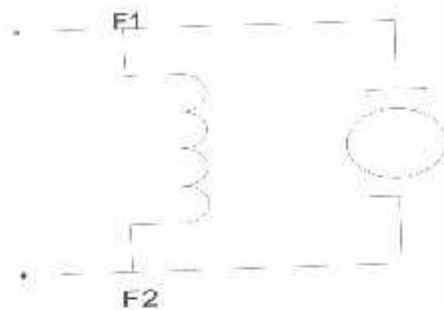
**Gambar 2-12.** Arah Putaran Motor DC  
*Sumber : Elektronika dalam Industri*

Dari gambar 2-24 diatas, agar arah putaran motor dc berubah, maka polaritas tegangan pada baterai harus dibalik.

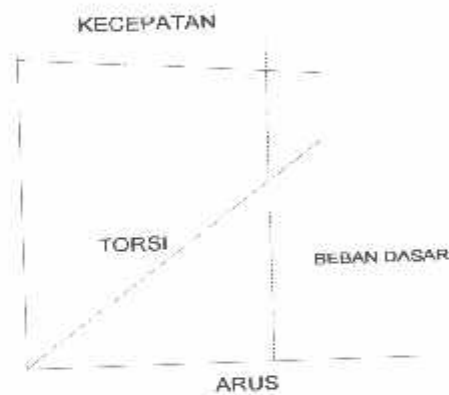
### 2.5.3. Motor DC Shunt

Dimana pada perancangan alat ini menggunakan Motor DC jenis Shunt dimana pada motor DC Shunt kumparan medan Shunt (di identifikasi dengan F1 dan F2) di buat dengan banyak lilitan kawat kecil karena itu mempunyai tahanan yang tinggi, motor shunt mempunyai rangkaian jangkar dan medan yang dihubungkan paralel yang memberikan kekuatan medan dan kecepatan motor yang sangat konstan. Motor Shunt digunakan jika diperlukan pengaturan kecepatan yang bagus pada mesin yang digerakkan, dengan menambah reostat yang dipasang seri dengan rangkaian medan shunt, kecepatan dapat dikontrol diatas kecepatan dasar. Kecepatan motor akan menjadi berbanding terbalik dengan arus medan ini berarti motor shunt berputar cepat dengan arus medan rendah dan berputar lambat pada saat arus ditambah. Motor Shunt

dapat melaju pada kecepatan tinggi yang berbahaya jika arus kumparan medan hilang, untuk membalik motor dc shunt adalah dengan membalik aliran arus pada medan shunt atau jangkar.



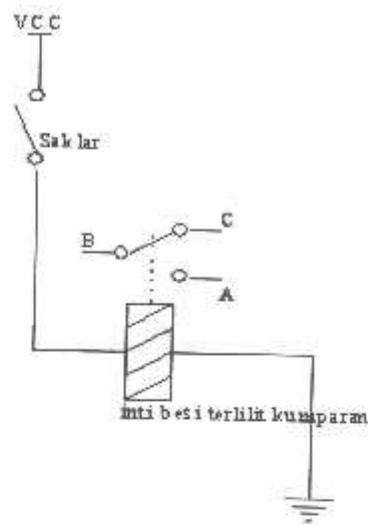
a) hubungan motor shunt



b) Karakteristik kecepatan

### 2.6. Relay

*Relay* adalah komponen elektronika yang terdiri dari sebuah lilitan kawat (kumparan/koil) yang terlilit pada sebuah besi lunak. Pada gambar 2-16 jika kumparan dialiri arus listrik maka inti besi akan menjadi magnet dan menarik pegas sehingga kotak AB terhubung dan BC terputus. *Relay* merupakan suatu alat untuk menghubungkan atau memerlukan kontak antara komponen yang satu dengan yang lain.



**Gambar 2-13. Cara Kerja Relay**  
*Sumber : Elektronika dalam Industri*

### 2.6.1 Karakteristik Relay.

1. Tegangan Operasi, yaitu tegangan coil minimum yang diperlukan coil untuk dapat mengaktifkan kontak saklar relay dari posisi normal ke posisi operasi.
2. Tegangan lepas, adalah tegangan coil minimum yang diperlukan coil untuk dapat mengaktifkan kontak saklar relay dari posisi operasi ke posisi normal.
3. Tegangan maksimum, yaitu coil maksimum yang diperlukan coil untuk dapat bekerja tanpa merusak coilnya sendiri.
4. Tegangan normal, adalah tegangan kerja nominal sehingga coil dapat bekerja secara normal.

Adapun prinsip kerja dari relay yang kondisi normalnya Off (open) adalah:

- a. Apabila lilitan terisolasi dari relay tersebut kita beri tegangan, maka akan timbul induksi.

- b. Dengan adanya induksi maka besi (inti) yang diselubungi lilitan akan berubah sifatnya menjadi magnet yang bersifat sementara.
- c. Karena besi tersebut menjadi bersifat magnet, maka akan dapat menarik besi lain yang berfungsi sebagai kontak sehingga relay menjadi ON.
- d. Jika tegangan pada lilitan dihilangkan, maka besi akan kembali seperti sifat semula sehingga relay menjadi OFF.

## 2.7 IC ULN 2003 Sebagai Penggerak Relay

IC ULN 2003 adalah IC yang dirancang untuk difungsikan sebagai saklar, IC ULN200 dapat terpicu dengan tegangan 5 Volt dengan tegangan hubung sebesar 100 Volt dan arus maksimum yang diperbolehkan sebesar 500mA dengan suhu kerja dari  $-20^{\circ}\text{C}$  sampai  $80^{\circ}\text{C}$  dengan data yang ada diatas maka IC ULN2003 mampu digunakan untuk menghidup matikan relay yang hanya memiliki tegangan maksimal sebesar 12 volt dengan resistansi kumparan sebesar 400 ohm maka dapat diketahui arus relay sebesar:

$$\text{Dimana : } I_{\text{relay}} = \frac{V_{cc}}{R_{\text{relay}}} \dots\dots\dots (2-1)$$

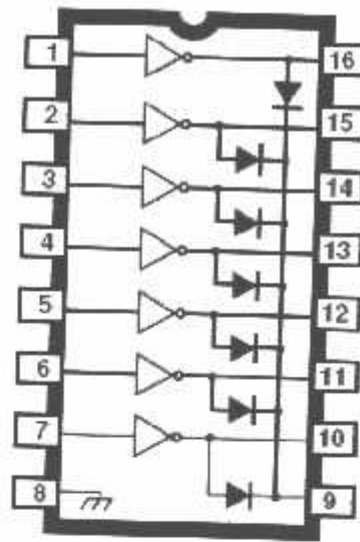
$$I_{\text{relay}} = \frac{12V}{400} = 0,03A$$

$$I_{\text{relay}} = 30mA \dots\dots\dots (2-2)$$

maka :

$$I_{\text{max ULN}} > I_{\text{RELAY}}$$

Karena pada arus maksimal IC ULN 2003 adalah sebesar 500mA maka dapat disimpulkan bahwa ULN 2003 akan dapat difungsikan sebagai driver relay.



Gambar 2.14. Konfigurasi PIN ULN 2003  
 Sumber : Allegro Micro Systems :1

### 2.8. LCD ( Liquid Crystal Display ) M1632

LCD Display Module M1632 buatan *Seiko Instrument Inc.* terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka.

Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempelkan dibalik pada panel LCD, berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi M1632 dengan mikrokontroler yang memakai tampilan LCD itu. Dengan demikian pemakaian M1632 menjadi sederhana, sistem lain yang M1632 cukup mengirimkan kode-kode ASCII dari informasi yang ditampilkan seperti layaknya memakai sebuah printer.

#### 2.8.1. Sinyal interface M1632

Untuk berhubungan dengan mikrokontroler memakai, M1632 dilengkapi dengan 8 jalur data (DB0..DB7) yang dipakai untuk menyalurkan kode ASCII



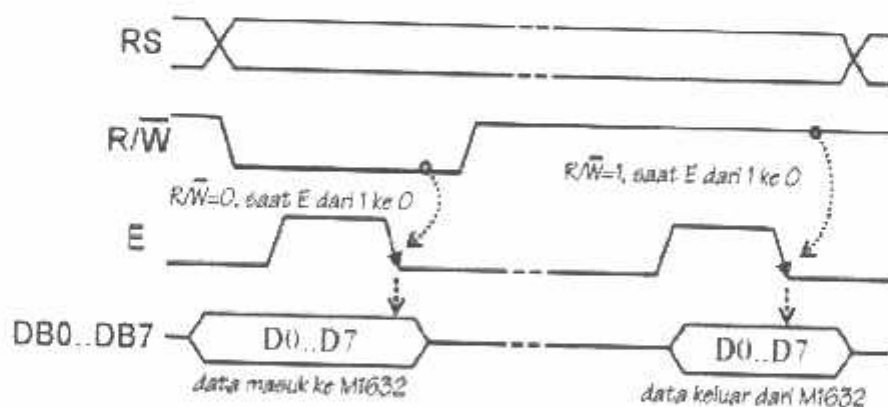
maupun perintah pengatur kerjanya M1632. Selain itu dilengkapi pula dengan **E**, **R/W** dan **RS** seperti layaknya komponen yang kompatibel dengan mikroprosesor.

Kombinasi lainya **E** dan **R/W** merupakan sinyal standar pada komponen buatan Motorola. Sebaliknya sinyal-sinyal dari MCS51 merupakan sinyal khas Intel dengan kombinasi sinyal **WR** dan **RD**.

**RS**, singkatan dari *Register Select*, dipakai untuk membedakan jenis data yang dikirim ke M1632, kalau **RS=0** data yang dikirim adalah perintah untuk mengatur kerja M1632, sebaliknya kalau **RS=1** data yang dikirim adalah kode ASCII yang ditampilkan.

Demikian pula saat pengambilan data, saat **RS=0** data yang diambil dari M1632 merupakan data status yang mewakili aktivitas M1632, dan saat **RS=1** maka data yang diambil merupakan kode ASCII dari data yang ditampilkan.

Proses mengirim/mengambil data ke/dari M1632 digambarkan dalam gambar 2-6. bisa dijabarkan sebagai berikut :



Gambar 2-15. Mengirim/Mengambil Data Ke/Dari M1632

1. **RS** harus dipersiapkan dulu, untuk menentukan jenis data seperti yang telah dibicarakan di atas.
2. **R/W** di-nol-kan untuk menandakan akan diadakan pengiriman data ke M1632. Data yang akan dikirim disiapkan di **DB0..DB7**, sesaat kemudian

sinyal E di-satu-kan dan di-nol-kan kembali. Sinyal E merupakan sinyal sinkronisasi, saat E berubah dari 1 menjadi 0 data di DB0 .. DB7 diterima oleh M1632.

3. Untuk mengambil data dari M1632 sinyal R/W di-satu-kan, menyusul sinyal E di-satu-kan. Pada saat E menjadi 1, M1632 akan meletakkan datanya di DB0 .. DB7, data ini harus diambil sebelum sinyal E di-nol-kan kembali.

### 2.8.2. Mengatur tampilan M1632

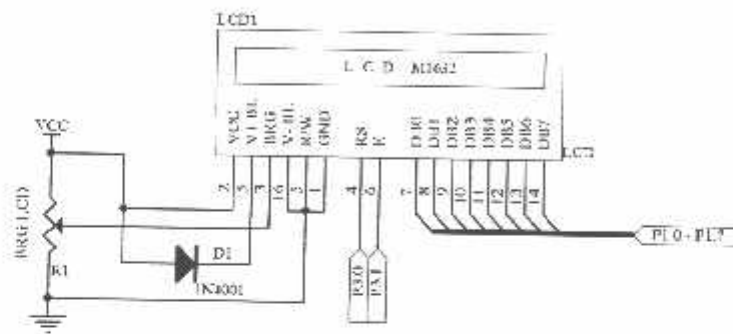
M1632 mempunyai seperangkat perintah untuk mengatur tata kerjanya, perangkat perintah tersebut meliputi perintah untuk menghapus tampilan, meletakkan kembali *cursor* pada barishuruf pertama baris pertama, menghidup/matikan tampilan dan lain sebagainya, semua itu dibahas secara terperinci dalam Lembar Data M1632. Setelah diberi sumber daya, ada beberapa langkah persiapan yang harus dikerjakan dulu agar M1632 bisa dipakai, langkah-langkah tersebut antara lain adalah:

1. Tunggu dulu selama 15 mili-detik atau lebih.
2. Kirimkan perintah 30h, artinya trasfer data antar M1632 dan mikrokontroler dilakukan dengan mode 8 bit
3. Tunggu selama 4.1 mili-detik
4. Kirimkan sekali lagi perintah 30h
5. Tunggu lagi selama 100 mikro-detik

Setelah langkah-langkah tersebut di atas M1632 barulah bisa menerima data dan menampilkannya dengan baik. Pada awalnya tampilan akan nampak kacau,

dengan demikian perlu segera dikirim perintah menghapus tampilan dan lain sebagainya, sesuai dengan petunjuk yang ada di Lembar Data.

Berikut adalah gambar rangkaian LCD dengan komponen-komponen pendukung dengan pin-pin yang akan dihubungkan pada mikrokontroler R8C13/TINY :



Gambar 2-16. Rangkaian LCD M1632

LCD M1632 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

1. Memiliki 16 karakter dan dua baris tampilan yang terdiri dari 5 x 7 dot matrik ditambah dengan kursor.
2. Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter.
3. Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter.
4. 80 x 8 display data RAM (max 80 karakter).
5. Isolator didalam modul.
6. Memerlukan catu daya  $\pm$  volt.
7. Otomatis reset saat catu daya dinyalakan.

LCD modul M1632 mempunyai 16 pin dengan fungsi sebagai berikut :

Tabel 2-3. Fungsi Pin – Pin LCD

No. PIN	Nama PIN	Fungsi
1	Vss	Terminal Ground
2	Vcc	Tegangan Catu + 5 volt
3	Vee	Mengendalikan kecerahan LCD
4	RS	Sinyal pemilihan register 0 = Tulis 1 = Baca
5	R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0 = Tulis 1 = Baca
6	E	Sinyal operasi awal yang mengaktifkan data tulis atau baca
7 - 14	DB0 – DB7	Merupakan saluran data berisi perintah data yang akan ditampilkan
15	V + BL	Back Light Supply 5 Volt (Volt)
16	V - BL	Back Ligth Supply 0 (Ground)

Pada LCD juga terdapat instruksi – instruksi sebagai berikut :

- ❖ *Display clear*: membersihkan tampilan yang ada pada LCD serta
- ❖ menyimpan, sedangkan kursor kembali ke posisi semula.
- ❖ *Cursor home* : hanya membersihkan tampilan dan kursor kembali ke semula.

❖ *Empty mode Set* : layar beraksi sebagai tampilan tulis.

S : 1/0 = menggeser layar.

1/0 : 1 = kursor bergerak ke kanan dan layar bergerak ke kiri.

1/0 : 0 = kursor bergerak ke kiri dan layar bergerak ke kanan

❖ *Display On/Off* kontrol.

D : 1 = layar on

D : 0 = layar off

C : 1 = kursor on

C : 0 = kursor off

B : 1 = kursor berkedip-kedip

B : 0 = kursor tidak berkedip – kedip

❖ *Cursor Display Shift*

S/C : 1 = LCD diidentifikasi sebagai layar

S/C : 0 = LCD diidentifikasi sebagai kursor

R/L : 1 = menggeser satu spasi ke kanan

R/L : 0 = menggeser satu spasi ke kiri

❖ *Fuction Set*

DL : 1 = panjang data LCD pada 8 bit

DL : 0 = panjang data LCD pada 4 bit

## BAB III

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

#### 3.1 Pendahuluan

Dalam bab ini akan dibahas perancangan dan pembuatan alat. Pembahasan akan dilakukan pada setiap blok rangkaian, cara kerja masing-masing blok rangkaian, perhitungan dan fungsi masing-masing blok rangkaian tersebut. Secara garis besar terdapat dua bagian perangkat yang ada yaitu :

- Perancangan perangkat keras (*Hardware*).
- Perancangan perangkat lunak (*Software*).

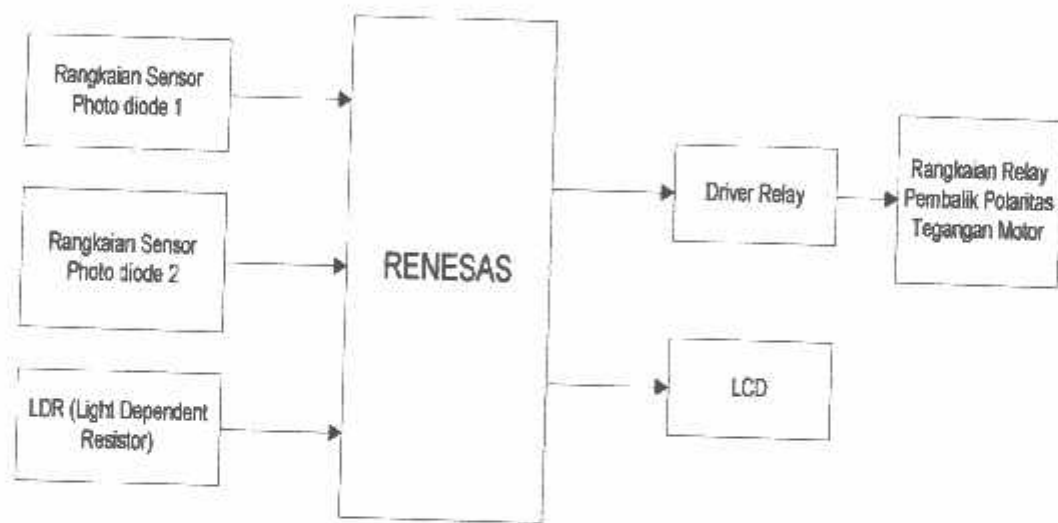
Pada perancangan perangkat keras akan meliputi seluruh *peripheral* yang digunakan pada sistem ini. Pada perancangan perangkat lunak akan meliputi diagram alir dan *software* secara umum. Akan tetapi kedua perangkat ini dalam kerjanya akan saling menunjang satu sama lain.

Tujuan dari perancangan perangkat keras ini adalah untuk merencanakan sebuah rangkaian alat penyeleksi nyala atau mati bola- lampu dengan menggunakan mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP*

Adapun tahapan perancangan dan pembuatan alat penyeleksi nyala atau mati bola- lampu dengan menggunakan mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* adalah sebagai berikut : Rangkaian Relay Pembalik Polaritas Tegangan Motor, LDR (Light Dependent Resistor), Rangkaian sensor Photo diode 1, Rangkaian sensor Photo diode 2, mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* dan LCD M 1632

### 3.1.1. Blok Diagram Sistem

Gambar 3-1. merupakan diagram blok keseluruhan sistem yang secara umum terdiri dari masukan-masukan dan keluaran-keluaran yang diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler dalam diagram blok terdapat 6 bagian yaitu Rangkaian Relay Pembalik Polaritas Tegangan Motor, LDR (Light Dependent Resistor), Rangkaian sensor Photo diode 1, Rangkaian Photo diode2 , mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* dan LCD M 1632



Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem Penyeleksi Nyala Atau Mati Bola Lampu  
*Sumber : Perancangan*

### 3.1.3. Cara Kerja

Apabila tombol start ditekan maka motor penggerak akan menjalankan lampu yang akan di tes setelah bola lampu berada pada tempat pengetesan sensor LDR akan mendeteksi bola lampu apakah bola lampu dalam keadaan hidup atau mati dimana bola lampu juga akan mengenai sensor Photo diode 1 yang berfungsi untuk menghentikan sementara motor penggerak bola lampu atau konveior 1 agar sensor LDR dapat mendeteksi dengan baik apakah bola lampu dalam keadaan hidup atau mati. Jika Sensor LDR (Light Dependent Resistor) mendeteksi bahwa bola lampu masih hidup maka data LDR ini akan diteruskan ke inputan mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP*, oleh mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* data ini diproses untuk agar counter bisa menghitung jumlah lampu yang hidup dan menampilkannya ke LCD dan mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* juga akan mengaktifkan relay pembalik polaritas tegangan motor penggerak bolam kearah kanan yang menandakan bola lampu masih dalam keadaan hidup, setelah bolam diletakkan pada belt penggerak konveior 1 akan terus aktif dan akan mengenai rangkaian sensor Photo diode 2 yang berfungsi untuk untuk memberikan data ke mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* untuk mematikan motor penggerak bolam lampu agar bola lampu dapat diletakkan pada gagang lampu yang akan dites.

### 3.2. Sensor Cahaya / LDR

Sensor cahaya disini dipakai untuk mendeteksi keadaan lampu pijar, apakah lampu dalam keadaan hidup atau mati. Sedangkan komponen yang digunakan adalah LDR (*Light Dependent Resistor*), yaitu resistor yang nilai resistansinya berubah-ubah tergantung pada cahaya yang diterimanya.



Semakin terang cahaya yang diterimanya, maka resistansinya akan semakin kecil. LDR mempunyai resistansi yang besar pada kondisi yang gelap yaitu sekitar 1 M $\Omega$  dan resistansi ini akan turun sampai kurang lebih 600 ohm pada tempat yang terang. Sedangkan pada intensitas cahaya 8000 fluks yaitu setara dengan matahari cerah resistansi turun hingga sampai 30 ohm

Cara kerja rangkaian adalah sebagai berikut :

- Pada saat lampu mati intensitas cahaya yang diterima LDR sangat kecil sehingga LDR mempunyai resistansi yang sangat besar yaitu sekitar 1 M Ohm hal ini menyebabkan tidak adanya arus yang mengalir ke basis, rangkaian seakan akan open dan transistor off, sehingga tegangan pada kolektor ( $V_c$ ) berlogika rendah tegangan ini diumpankan ke MCU sehingga terdeteksi oleh MCU bahwa lampu pada kondisi mati.
- Pada saat lampu nyala intensitas cahaya yang besar sehingga resistansi LDR turun menjadi kecil pada orde ratusan ohm dengan vcc sebesar 5V dan resistansi kecil maka mengalirkan  $I_b$  yang besar dan ( $V_{be} \gg 0.7V$ ) yang menyebabkan transistor mengalami saturasi dan bisa bekerja sehingga menghasilkan  $V$  output pada  $V_c$  yang kemudian tegangan output ini diterima MCU sebagai logic satu sehingga terdeteksi bahwa lampu pada kondisi nyala.

Pada rangkaian sensor jalur setiap LDR di hubungkan secara seri dengan resistor variabel sebesar 10K ohm. Rangkaian ini merupakan rangkaian pembagi tegangan. Pada saat pengukuran resistansi LDR, diketahui bahwa resistansi LDR pada saat kena cahaya adalah sebesar 1,2K ohm, sedangkan pada saat LDR tidak kena cahaya dia mempunyai resistansi sebesar 890K ohm. Dengan demikian tegangan basis pada transistor saat LDR kena cahaya adalah sebagai berikut:

$$V_b = \frac{R_{var}}{R_{tot}} \times V_{cc}$$

$$V_b = \frac{10K}{1,2k + 10k} \times 5$$

$$V_b = 0,89 \times 5V_{olt}$$

$$V_b = 4,45v_{olt}$$

Dengan tegangan basis pada transistor sebesar 4,45 volt akan menyebabkan transistor seperti saklar tertutup sehingga tegangan pada kolektor ( $V_c$ ) berlogika rendah.

Dan tegangan basis pada transistor saat LDR tidak kena cahaya adalah sebagai berikut:

$$V_b = \frac{R_{var}}{R_{tot}} \times V_{cc}$$

$$V_b = \frac{10K}{890K + 10K} \times 5$$

$$V_b = 0,011 \times 5V_{olt}$$

$$V_b = 0,055v_{olt}$$

Dengan tegangan basis sebesar 0,055 volt akan membuat transistor seperti saklar yang terbuka, sehingga output dari rangkaian akan berlogika tinggi

Dengan demikian besarnya  $R_b$  dan  $R_c$  dapat diperhitungkan sebagai berikut :

Type :BC 9013

$$h_{fe} = 64$$

$$I_b = I_c / h_{fe}$$

$$I_b = \frac{5\mu A}{64}$$

$$I_b = 0.0781 \mu A$$

Sedangkan besarnya  $R_b$  adalah :

$$R_b = \frac{V_{in} - V_{be}}{I_b}$$

$$R_b = \frac{0.71 - 0.7}{0.0781 \mu A}$$

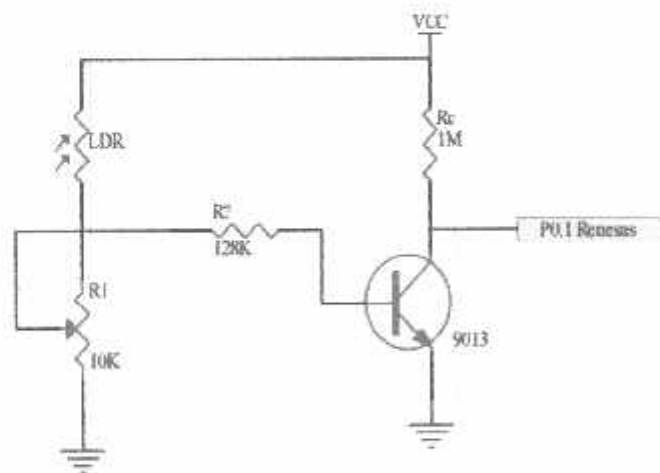
$$= 128 K\Omega$$

Dan besarnya  $R_c$  adalah :

$$R_c = \frac{V_{cc}}{I_c}$$

$$R_c = \frac{5}{5\mu A}$$

$$= 1M\Omega$$

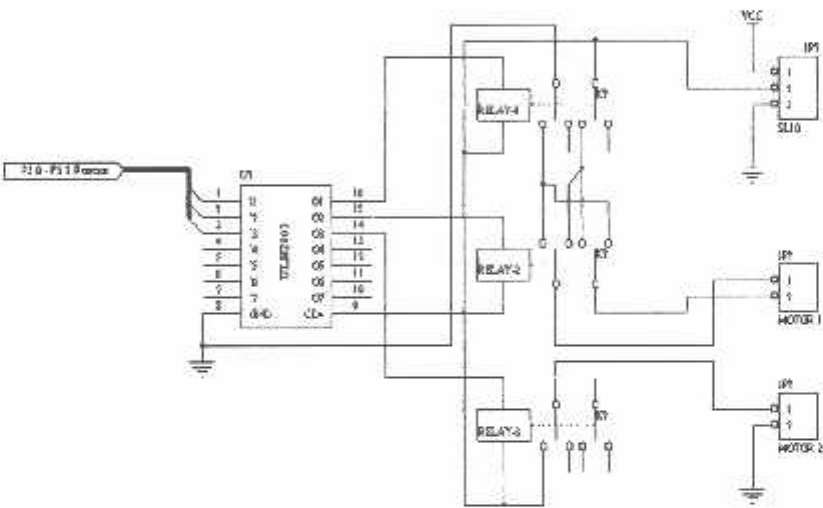


Gambar 3.2. Rangkain sensor cahaya

Sumber : Perencanaan

**3.3 Relay Pembalik Polaritas Tegangan Motor.**

Relay pembalik polaritas tegangan berfungsi untuk membalik putaran motor, kearah yang disesuaikan dengan keadaan bola lampu yang dites, jika bola lampu dalam keadaan hidup maka putaran motor kearah kanan dan jika bolam lampu mati maka motor akan menggerakkan konveyor ke arah kiri. Rangkaian ini mendapat data dari mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* lewat sensor LDR. Adapun rangkaian relay pembalik polaritas tegangan motor dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



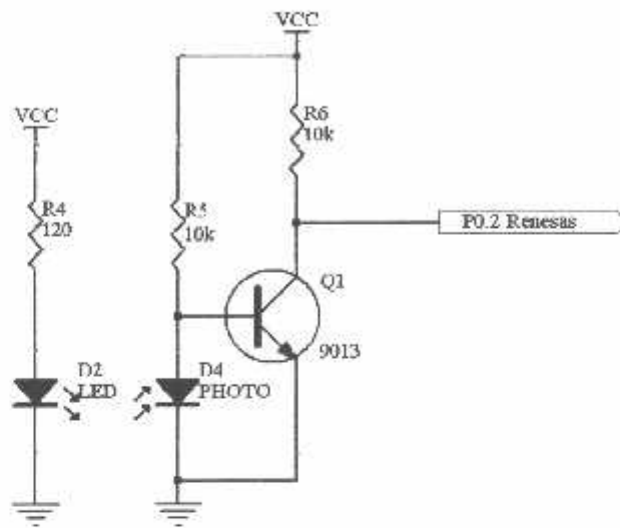
*Gambar 3.3. Relay Pembalik Polaritas Tegangan Motor*

*Sumber : Perencanaan*

**3.4. Rangkaian Sensor Photo diode 1**

Sensor Photo diode 1 berfungsi untuk memberikan data ke mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* agar mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* memberhentikan sementara motor penggerak bolam lampu atau konveior 1 agar bola lampu dapat dideteksi dengan baik oleh sensor LDR. Pada sensor ini digunakan

sensor Fotodiode sebagai sensor. Gambar dari rangkaian sensor Photo diode 1 ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.4. Gambar Rangkaian Photo diode 1  
Sumber : Perancangan

Sesuai data sheet penyalan led infra red antara 1.5V dan arus I infra = 30 mA  
maka :

$$R = \frac{V_{cc} - V_{inf}}{I_{inf}}$$

$$R = \frac{5 - 1.5}{30mA}$$

$$R = 116.7 \Omega$$

Karena dipasaran tidak ada resistor sebesar 116.7 maka yang digunakan 120  $\Omega$ , dan untuk menghitung R pada photo diode adalah sebagai berikut :

$$R_{photo} = \frac{V_{cc}}{I_{photo}}$$

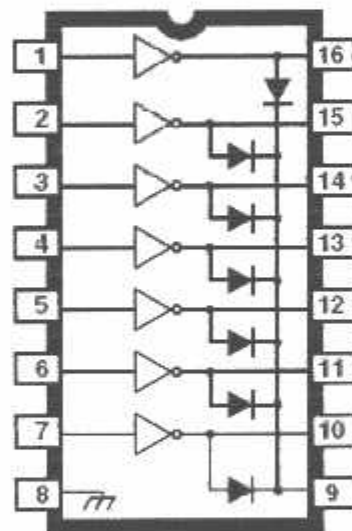
$$R_{photo} = \frac{5}{0.5mA}$$

$$R_{photo} = 10 k\Omega$$

### 3.5. IC ULN 2003A

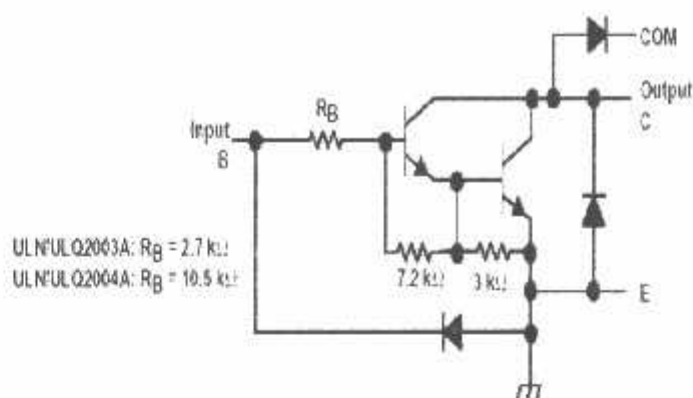
Pada IC ULN 2003A didalamnya terdapat rangkaian penguat Darlington. Untuk satu IC ULN2003A terdapat 7 pasang rangkaian Darlington NPN yang tersusun dalam rangkaian *common catoda*. Rangkaian Darlington ini digunakan sebagai saklar. Pada masing-masing rangkaian Darlington arus kolektornya sebesar 500mA. Rangkaian Darlington yang ada di dalam IC ULN 2003A dapat diparalel guna untuk kebutuhan arus yang besar. Karenanya IC ini dapat diaplikasikan untuk *driver relay*, *driver lampu*, *driver display* dan *logic buffer*. Pada skripsi ini rangkaian Darlington yang ada pada IC ULN 2003A digunakan sebagai *driver relay* yang digunakan untuk mengendalikan putaran motor DC.

Adapun pin-pin koneksi yang ada dalam IC ULN 2003A dapat dilihat pada gambar 2.17 berikut ini:



*Gambar 3.5. Pin-Pin Koneksi Dalam IC ULN 2003A*

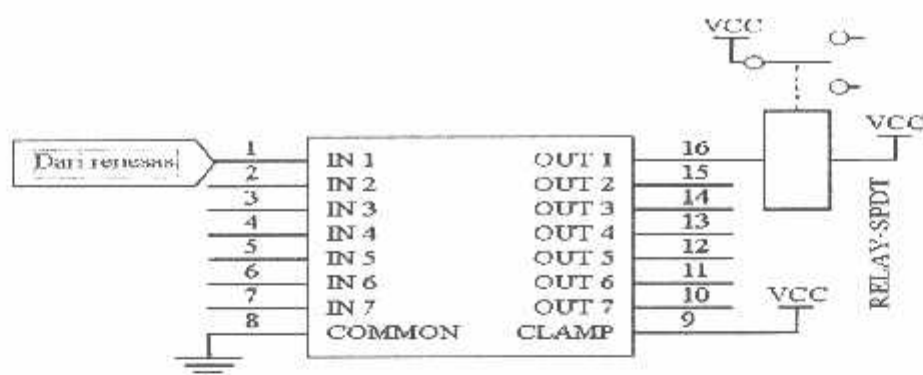
Sedangkan gambar untuk setiap rangkaian Darlington pada IC ULN 2003A dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6. Rangkaian Darlington didalam IC ULN 2003A

Untuk driver penggerak relay digunakan IC ULN2003A dan relay sebagai komponen utamanya, IC ULN2003A dapat terpicu dengan tegangan 5 Volt dengan dan arus maksimum yang diperbolehkan sebesar 500mA dengan suhu kerja dari  $-20^{\circ}\text{C}$  sampai  $80^{\circ}\text{C}$  dengan data yang ada diatas maka IC ULN2003A mampu digunakan untuk menghidupkan dan mematikan relay yang hanya memiliki tegangan maksimal sebesar 12 Volt dengan resistansi kumparan sebesar  $400\ \Omega$  jadi dapat diketahui arus relay sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana: } I_{\text{relay}} &= \frac{VCC}{R.\text{relay}} \\
 &= \frac{12}{400} \\
 &= 30\ \text{mA}
 \end{aligned}$$

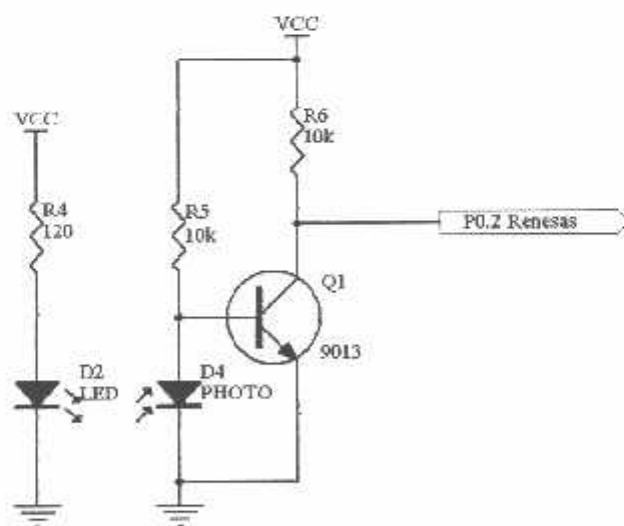


Gambar 3.7. Rangkaian IC ULN2003A sebagai driver Relay

Sumber : Perancangan

### 3.6 Rangkaian Sensor Photo diode 2

sensor Photo diode 2 berfungsi untuk memberikan data ke mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* untuk mematikan konveyor I atau motor penggerak bolam lampu sehingga bola lampu yang akan dites dapat diletakkan pada gagang lampu yang sudah dibuat. Gambar dari rangkaian sensor Sensor Switching Motor Penggerak ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.8. Gambar Sensor Photodiode 2

Sumber : Perancangan



Sesuai data sheet penyalan led infra red antara 1.5V dan arus  $I_{\text{infra}} = 30 \text{ mA}$  maka :

$$R = \frac{V_{cc} - V_{\text{inf}}}{I_{\text{inf}}}$$

$$R = \frac{5 - 1.5}{30 \text{ mA}}$$

$$R = 116.7 \Omega$$

Karena dipasaran tidak ada resistor sebesar 116.7 maka yang digunakan  $120 \Omega$ , dan untuk menghitung R pada photo diode adalah sebagai berikut :

$$R_{\text{photo}} = \frac{V_{cc}}{I_{\text{photo}}}$$

$$R_{\text{photo}} = \frac{5}{0.5 \text{ mA}}$$

$$R_{\text{photo}} = 10 \text{ k}\Omega$$

### 3.7. Perancangan Rangkaian LCD

*LCD Display Module M1632* buatan Seiko Instrument Inc. Terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka.

Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempelkan dibalik pada panel LCD, berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi L1632 dengan mikrokontroler yang memakai tampilan LCD itu. Dengan demikian pemakaian M1632 menjadi sederhana, sistem lain yang M1632 cukup mengirimkan kode-kode ASCII dari informasi yang ditampilkan seperti layaknya memakai sebuah printer.

Untuk berhubungan dengan mikrokontroler pemakai, M1632 dilengkapi dengan 8 jalur data (DB0..DB7) yang dipakai untuk menyalurkan kode ASCII

maupun perintah pengatur kerjanya M1632. Selain itu dilengkapi pula dengan **E**, **R/W\*** dan **RS** seperti layaknya komponen yang kompatibel dengan mikroprosesor.

Kombinasi lainya **E** dan **R/W\*** merupakan sinyal standar pada komponen buatan Motorola. Sebaliknya sinyal-sinyal dari MCS51 merupakan sinyal khas Intel dengan kombinasi sinyal **WR\*** dan **RD\***.

**RS**, singkatan dari Register Select, dipakai untuk membedakan jenis data yang dikirim ke M1632, kalau **RS=0** data yang dikirim adalah perintah untuk mengatur kerja M1632, sebaliknya kalau **RS=1** data yang dikirim adalah kode ASCII yang ditampilkan.

Demikian pula saat pengambilan data, saat **RS=0** data yang diambil dari M1632 merupakan data status yang mewakili aktivitas M1632, dan saat **RS=1** maka data yang diambil merupakan kode ASCII dari data yang ditampilkan.

Proses mengirim/mengambil data ke/dari M1632 bisa dijabarkan sebagai berikut:

- **RS** harus dipersiapkan dulu, untuk menentukan jenis data seperti yang telah dibicarakan di atas.
- **R/W\*** di-nol-kan untuk menandakan akan diadakan pengiriman data ke M1632. Data yang akan dikirim disiapkan di **DB0..DB7**, sesaat kemudian sinyal **E** di-satu-kan dan di-nol-kan kembali. Sinyal **E** merupakan sinyal sinkronisasi, saat **E** berubah dari 1 menjadi 0 data di **DB0 .. DB7** diterima oleh M1632.
- Untuk mengambil data dari M1632 sinyal **R/W\*** di-satu-kan, menyusul sinyal **E** di-satu-kan. Pada suatu **E** menjadi 1, M1632 akan meletakkan datanya di **DB0 .. DB7**, data ini harus diambil sebelum sinyal **E** di-nol-kan kembali.

M1632 mempunyai seperangkat perintah untuk mengatur tata kerjanya, perangkat perintah tersebut meliputi perintah untuk menghapus tampilan, meletakkan kembali cursor pada baris huruf pertama baris pertama, menghidup/matikan tampilan dan lain sebagainya, semua itu dibahas secara terperinci dalam Lembar Data M1632. Setelah diberi sumber daya, ada beberapa langkah persiapan yang harus dikerjakan dulu agar M1632 bisa dipakai, langkah-langkah tersebut antara lain adalah:

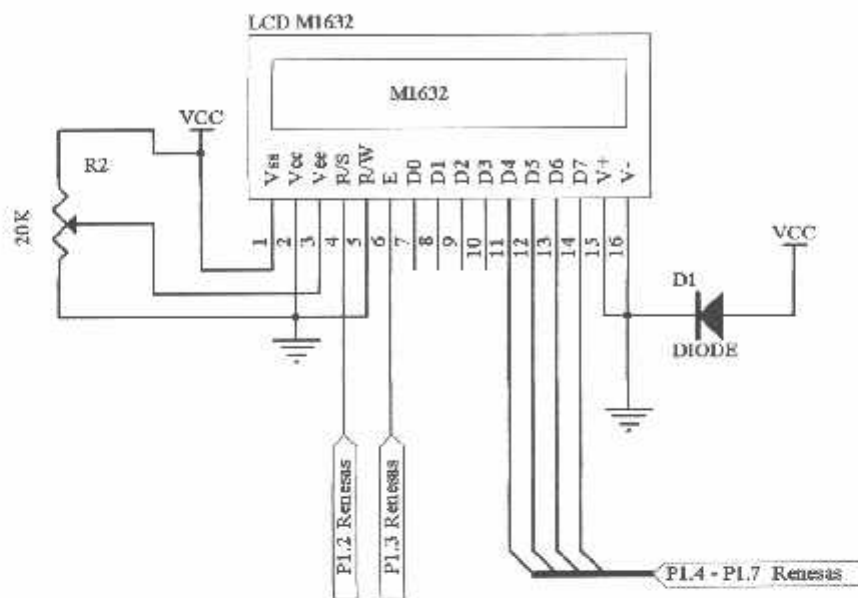
- Tunggu dulu selama 15 mili-detik atau lebih.
- Kirimkan perintah 30h, artinya transfer data antar M1632 dan mikrokontroler dilakukan dengan mode 8 bit
- Tunggu selama 4.1 mili-detik
- Kirimkan sekali lagi perintah 30h
- Tunggu lagi selama 100 mikro-detik

Setelah langkah-langkah tersebut di atas M1632 barulah bisa menerima data dan menampilkannya dengan baik. Pada awalnya tampilan akan nampak kacau, dengan demikian perlu segera dikirim perintah menghapus tampilan dan lain sebagainya, sesuai dengan petunjuk yang ada di Lembar Data.

Untuk tampilan dipergunakan LCD Dot Matrik 2 x 16 karakter. Sinyal-sinyal yang diperlukan oleh LCD adalah RS dan Enable, sinyal RS dan Enable dipergunakan sebagai input yang outputnya dipakai untuk mengaktifkan LCD. LCD akan aktif apabila mikrokontroler memberikan instruksi tulis pada LCD. Saat kondisi RS don't care dan Enable 0 maka LCD tetap pada kondisi semula, pengiriman data ke LCD dilakukan saat RS berlogika 0 dan enable berlogika 1. Instruksi dikirim pada LCD bila keadaan RS 1 dan Enable 1. Pin LCD ini untuk data terkoneksi pada *Port 1* mikrokontroler Slave 1. Kemudian untuk RS dihubungkan pada *Port 1.2*, tulis/baca

(*Read/Write*) diberikan logika *low* karena disini LCD bersifat menulis data, dan yang terakhir *Enable* (E) dikendalikan dengan *Port 1.3*

Gambar rangkaian LCD ditunjukkan pada gambar 3 – 2.



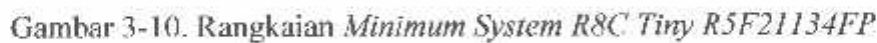
Gambar 3-9. Perancangan Rangkaian Liquid Crystal Display ( LCD )

### 3.8. Perancangan Minimum System Mikrokontroler Master Renesas R8C Tiny R5F21134FP.

Mikrokontroler untuk *system minimum* Dalam hal ini menggunakan mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* karena banyak dengan mempertimbangkan keunggulan-keunggulannya dan fasilitas-fasilitas yang dimiliki IC ini. Pembahasan ini telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya. Mikrokontroler ini mempunyai I/O Port yaitu P0.0 – P0.7, P1.0 – P1.7, P3.0 – P3.3, P3.7 dan P4.5 sedangkan P4.6, P4.7 hanya bisa digunakan sebagai *input*

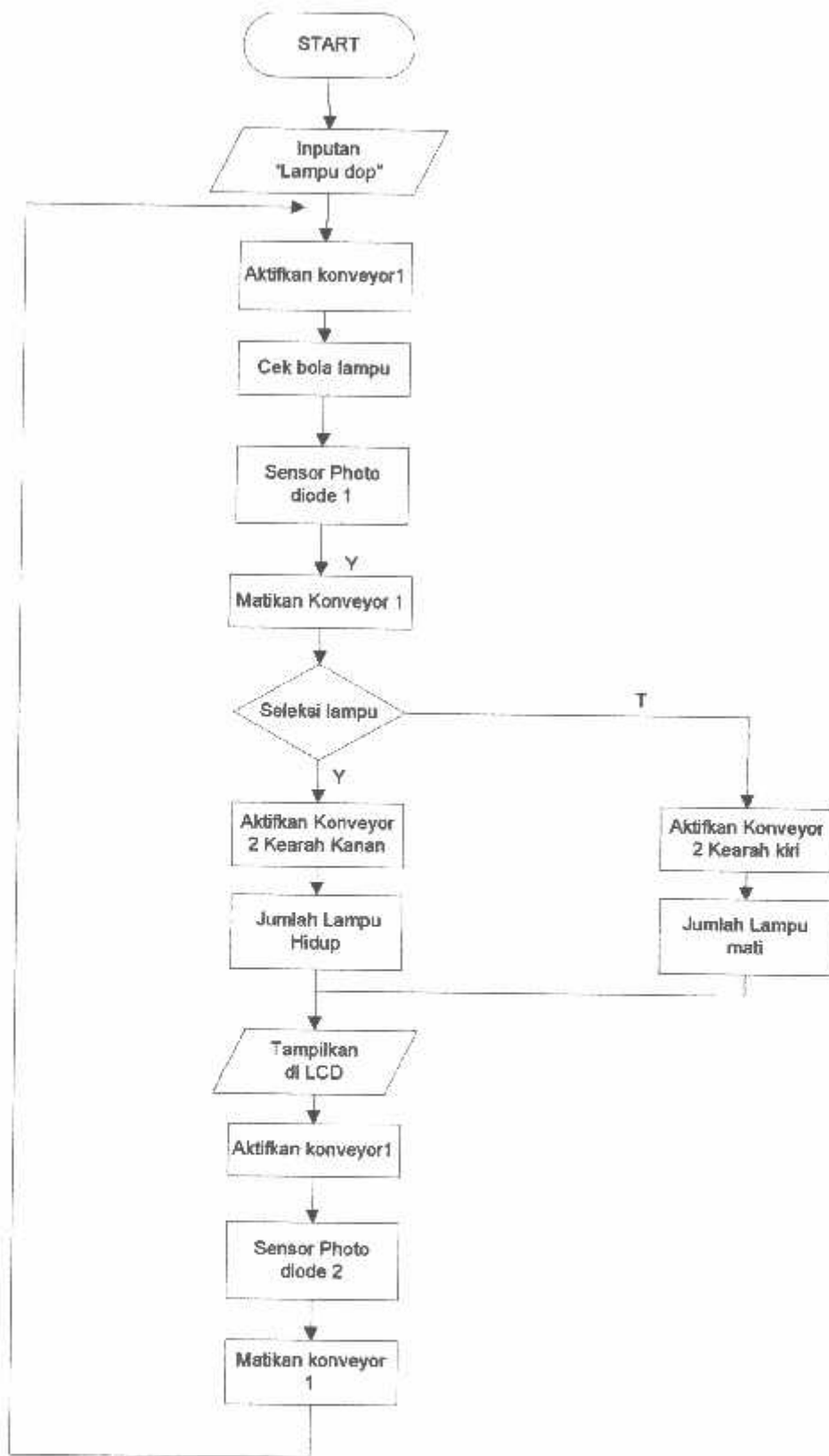
saja, bila konfigurasi kristal memakai kristal *internal*. Dalam hal ini yang digunakan Port I/O saja. Berikut adalah konfigurasi pin-pin mikrokontroler :

- P1.3= *Output E LCD*



Pada perancangan perangkat lunak ini dipaparkan dalam diagram alir secara keseluruhan sistem namun pada sistem perangkat lunak *Dot Matrik* dijelaskan secara sub program pada *scan* datanya. Untuk bahasa pemrograman dalam hal ini dibagi menjadi 2 bagian karena disini menggunakan 2 software yang berbeda yakni :

### 3.11. Flowchart Keseluruhan Sistem



## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT**

Dalam bab ini akan membahas mengenai pengujian alat yang telah dirancang, dirakit serta yang telah direalisasikan. Tujuan pengujian alat ini adalah untuk mengetahui apakah alat ini dapat berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan. Secara umum tujuan dari pengujian alat ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui proses kerja dari masing-masing rangkaian (perblok).
2. Memudahkan pendataan spesifikasi alat.
3. Memudahkan perawatan dan perbaikan apabila selang waktu terjadi kerusakan.

#### **4.1. Pengujian Sensor cahaya**

##### **4.1.1. Tujuan**

Tujuan dari pengujian rangkaian sensor cahaya adalah untuk mengetahui apakah rangkaian sensor yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan

##### **4.1.2. Alat dan Bahan**

1. Multimeter Digital
2. Tegangan 5 Volt

##### **4.1.3 Langkah Pengujian**

1. Membuat rangkaian pengujian LDR seperti gambar 4.1
2. suber tegangan DC diaktifkan.
3. mencatat nilai tegangan yang tertera pada multimeter.

$$Vb = \frac{R_{var}}{R_{tot}} \times V_{cc}$$

$$Vb = \frac{10K}{890K + 10K} \times 5$$

$$Vb = 0,011 \times 5V_{olt}$$

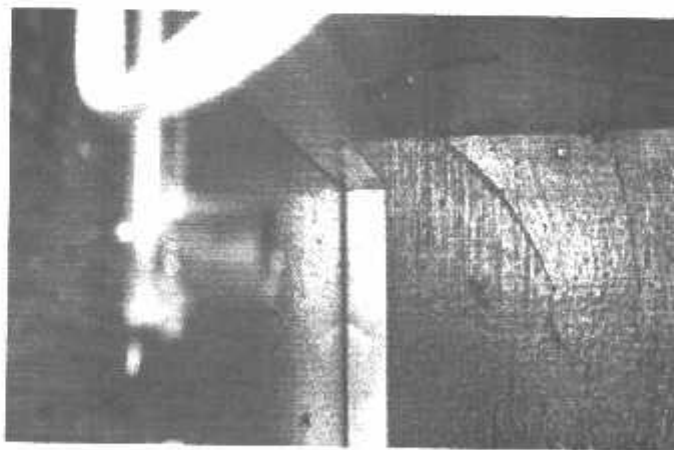
$$Vb = 0,055volt$$

#### 4.1.4. Hasil Pengujian

Tabel 4-1 Hasil Pengukuran Tegangan Output pada  
Rangkaian Sensor LDR

Kondisi	Tegangan Vb (volt)		Error (%)	Resistansi ( $\Omega$ )
	Perhitungan	Pengukuran		
Ada Cahaya	4,45	4,33	2,69	1,2K
Tidak ada cahaya	0,055	0.049	10,9	890 K

Foto penempatan Sensor LDR ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Foto penempatan sensor LDR pada alat  
*Sumber : Perancangan*



## 4.2. Pengujian Sensor Photo Diode

### 4.2.1. Tujuan

Tujuan dari pengujian rangkaian Sensor Photo diode ini adalah untuk mengetahui apakah alat yang dibuat sudah dapat bekerja seperti yang diharapkan.

### 4.2.2. Alat dan Bahan

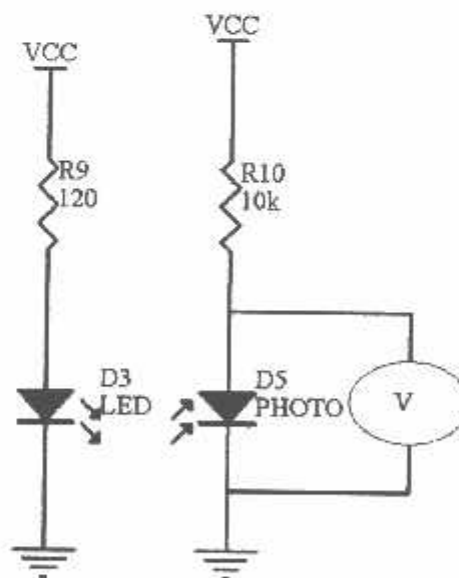
5.Multimeter Digital

6.Power Suply 5 volt

7.Rangkaian Sensor Photo diode yang sudah dirancang

### 4.2.3. Langkah Pengujian

- Membuat dan merangkai rangkaian sensor photo diode sesuai dengan yang telah di rancang
- Menggubungkan rangkaian dengan catu daya sebesar 5 Volt
- Mengukur besarnya tegangan dengan menggunakan multimeter digital pada keluaran rangkaian sensor photo diode
- Pengujian sensor sesuai dengan gambar 4-2 berikut ini :



Gambar 4.3. Rangkaian Pengujian Pemancar Infra Merah dan Penerima Photo Dioda

- Memasukkan hasil pengukuran tegangan pada tabel 4-2

#### 4.2.4. Hasil Pengujian

Tabel 4-2 Hasil Pengukuran Tegangan Output pada  
Rangkaian Sensor Photo diode

NO	Sensor	Keadaan Sensor	Pengukuran (Volt)
1	Photodiode	Terhalang	4.57
		Tidak terhalang	0.26

#### 4.2.5 Analisa Hasil Pengujian

Analisa perhitungan rangkaian penerima photodiode

Diketahui :  $I_{pd} = 0.5 \text{ mA}$  (dari data sheet)

$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Sehingga } V_{out} = I_{pd} * R$$

$$= 0.5 \text{ mA} * 10 \text{ k}\Omega$$

$$= 5 \text{ Volt}$$

Dari data diatas didapatkan error tiap-tiap data dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\text{Error \%} = \frac{\text{Pengukuran} - \text{perhitungan}}{\text{perhitungan}} * 100\%$$

$$= \frac{4.57 - 5}{5} 100\%$$

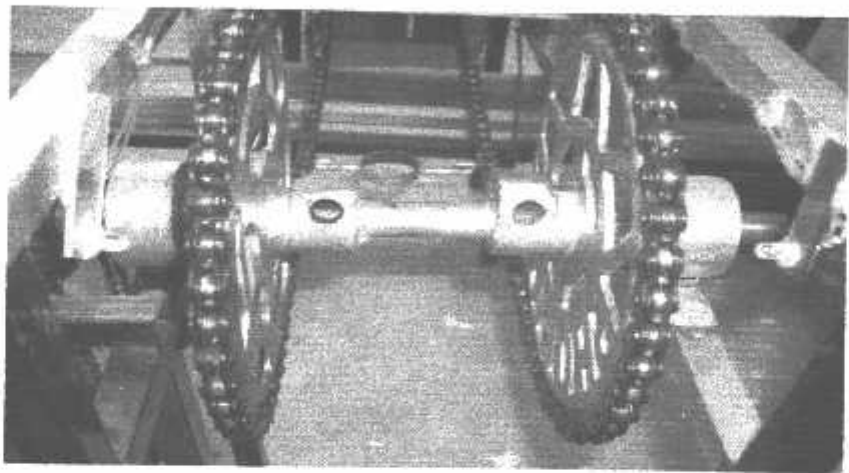
$$= 8.6 \%$$

Tabel 4-3 Perbandingan Antara Pengukuran dan Perhitungan Tegangan

Output pada Rangkaian Sensor Photodiode

no	Sensor	Perhitungan		Pengukuran (V)		Error %	
		Terhalang	Tidak terhalang	Terhalang	Tidak terhalang	Terhalang	Tidak terhalang
1	Photodiode	5	0	4.57	0.26	8.6	-

Foto penempatan Sensor Photo diode ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.4. Foto penempatan sensor Photo diode pada alat  
*Sumber : Perancangan*

**4.3. Pengujian Driver relay**

**4.3.1. Tujuan**

Pengujian Driver motor DC bertujuan untuk mengetahui IC ULN 2003A yang berfungsi sebagai Driver relay yang menggerakkan motor DC sudah dapat bekerja seperti yang diharapkan.

**4.3.2. Alat dan Bahan**

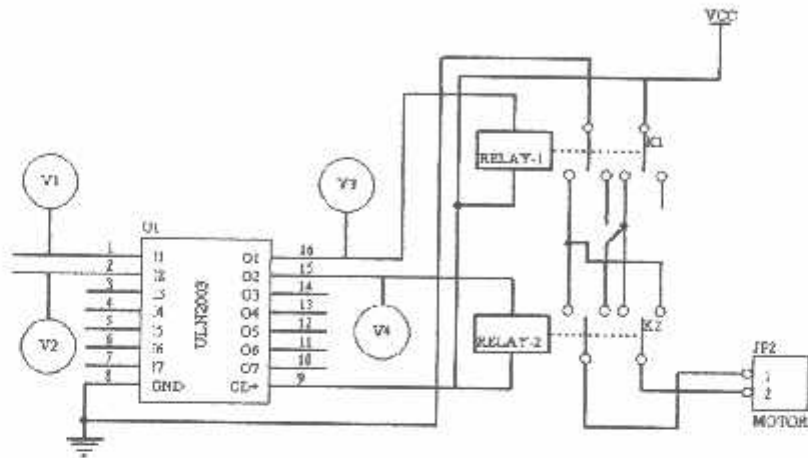
- 1. Power Suply
- 2. Motor DC

3. Multimeter

4. IC ULN 2003A

#### 4.3.3. Langkah Pengujian

1. Menyiapkan rangkaian pengujian seperti pada gambar 4.3



Gambar 4.5. Gambar Pengujian Driver relay  
Sumber : Pengujian

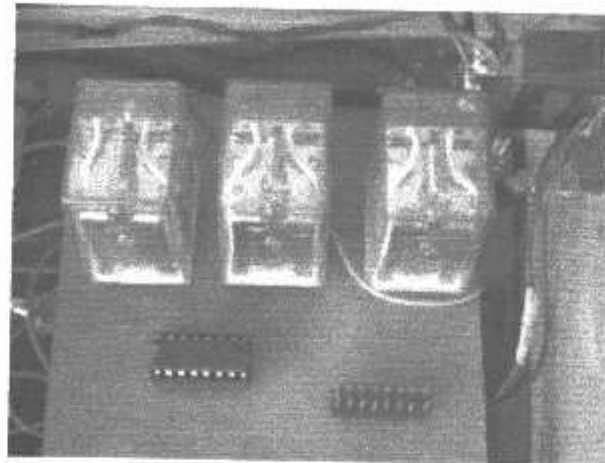
2. Menghubungkan rangkaian IC ULN 2003A sebagai driver relay motor DC ke catu daya 12 V
3. Memberikan logika high atau low pada input
4. memasukkan hasil pengukuran tegangan pada tabel 4-3

#### 4.3.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.4 Hasil pengujian Driver Relay sebagai penggerak motor DC

Vin		Vout		Kondisi Motor
V1	V2	V3	V4	
0	0	11.6	11.7	Mati
0	4.98	11.78	0.24	Mati
4.97	0	0.17	11.8	Kekiri
4.98	5	0.12	0.08	Kekanan

Pada tabel 4.3 didapatkan hasil pengujian Driver Relay sebagai sebagai berikut: jika V1 terdapat tegangan atau berlogika high maka motor sesuai dengan kondisi V2, jika V1 tidak terdapat tegangan atau berlogika Low maka motor tidak akan berputar. Foto rangkaian driver relay sebagai penggerak motor ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.6. Foto rangkaian driver relay sebagai penggerak motor  
*Sumber : Pengujian*

#### **4.4. Pengujian LCD M 1632**

##### **4.4.1. Tujuan**

Untuk mengetahui apakah rangkaian Penampil (LCD) yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan

##### **4.4.2 Alat dan Bahan**

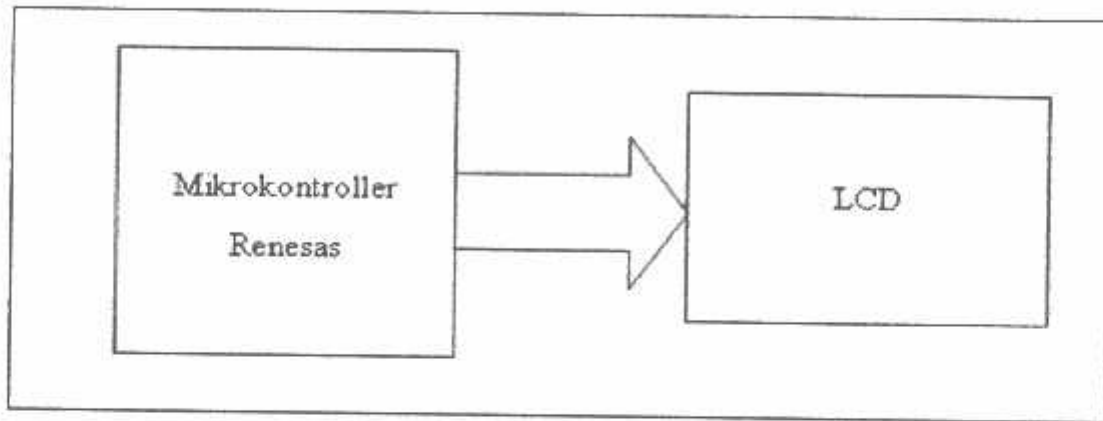
1. Rangkaian LCD
2. Minimum System Renesas.
3. Catu daya 5 Volt

##### **4.4.3. Langkah Pengujian**

1. Mengisi Mikrokontroller dengan software, dengan program yang dapat ditampilkan pada layar LCD berupa tulisan – tulisan.

2. Bila pada layar LCD tampak tulisan dan berupa angka, maka LCD tersebut siap untuk digunakan.

Adapun cara pengujian dapat dilihat pada blok pengujian LCD diperlihatkan pada Gambar 4.7 dibawah ini.

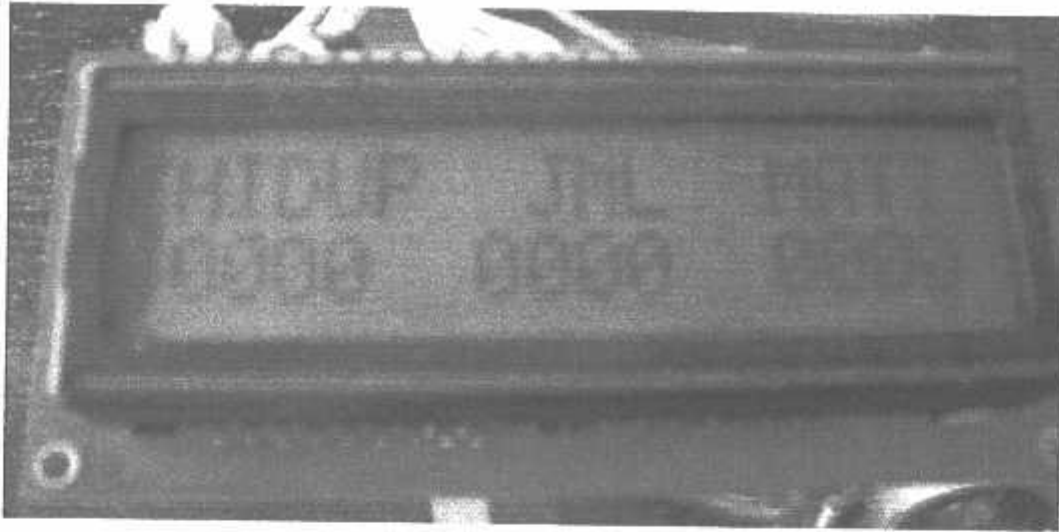


Gambar 4.7. Blok Diagram pengujian Tampilan.  
*Sumber : Perancangan*

#### 4.4.4. Hasil dan Analisa

Agar sebuah mikrokontroller mengirim data ke LCD, terlebih dahulu mikrokontroller diprogram software inisialisasi sebuah LCD.

Foto dari Rangkaian LCD ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Foto rangkaian LCD

*Sumber : Perancangan*

#### **4.5. Pengujian Rangkaian Keseluruhan**

##### **4.5.1. Tujuan**

Tujuan pengujian alat ini adalah untuk mengetahui apakah alat ini dapat berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan

##### **4.5.2. Alat dan Bahan**

- Rangkaian alat keseluruhan

##### **4.5.3. Prosedur Pengujian**

- Tekan tombol *Power* untuk menghidupkan alat.

##### **4.5.4. Hasil Pengujian**

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan menghubungkan masing-masing rangkaian dan menjalankan perangkat lunak yang telah dibuat. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan perencanaan semula .

Setelah dilakukan pengujian hardware per blok, kemudian software diintegrasikan kedalam hardware dan dilakukan pengujian keseluruhan sistem.

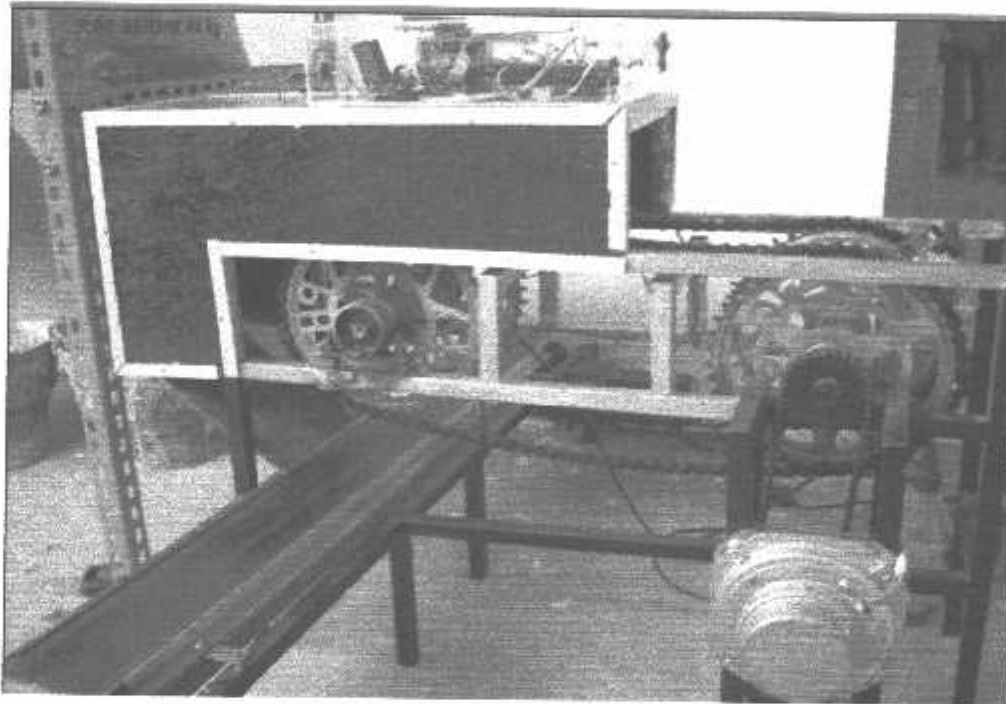
Setelah dilakukan pengujian dan perbaikan kemudian didapatkan hasil pengujian sebagai berikut:

Apabila tombol start ditekan maka motor penggerak akan menjalankan lampu yang akan di tes setelah bola lampu berada pada tempat pengetesan sensor LDR akan mendeteksi bola lampu apakah bola lampu dalam keadaan hidup atau mati dimana bola lampu juga akan mengenai sensor Photo diode 1 yang berfungsi untuk menghentikan sementara motor penggerak bola lampu atau konveior 1 agar sensor LDR dapat mendeteksi dengan baik apakah bola lampu dalam keadaan hidup atau mati. Jika Sensor LDR (Light Dependent Resistor) mendeteksi bahwa bola lampu masih hidup maka data LDR ini akan diteruskan ke inputan mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP*, oleh mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* data ini diproses untuk agar counter bisa menghitung jumlah lampu yang hidup dan menampilkannya ke LCD dan mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* juga akan mengaktifkan relay pembalik polaritas tegangan motor pengerak bolam kearah kanan yang menandakan bola lampu masih dalam keadaan hidup, setelah bolam diletakkan pada belt pengerak konveior 1 akan terus aktif dan akan mengenai rangkaian sensor Photo diode 2 yang berfungsi untuk untuk memberikan data ke mikrokontroler *Renesas R8C Tiny R5F21134FP* untuk mematikan motor pengerak bolam lampu agar bola lampu dapat diletakkan pada gagang lampu yang akan dites.



#### 4.6. Spesifikasi Alat

Dalam perancangan dan perancangan alat yang dibuat dimana panjang untuk konveyor 1 atau motor penggerak bola lampu adalah 55 cm, panjang konveyor 2 atau motor pemilah bola lampu adalah 85 cm dan tinggi dari alat adalah 50 cm. Dimana memakai tegangan kerja 220 Volt, input tegangan untuk motor 12 v dan rangkaian kerja kontrol memakai tegangan 5 Volt. Foto dari alat keseluruhan ditunjukkan pada gambar 4.9.





## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari perancangan dan pembuatan alat penyeleksi nyala atau hidupnya bola lampu berbasis mikrokontroller Renesas R8/C Tiny, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam percobaan pengetesan bola lampu dimana alat dapat bekerja dengan baik mendeteksi nyala atau hidup bola lampu dan memilahnya, bila lampu dideteksi hidup maka konveyor pemilah bola lampu bergerak kekanan dan apabila bola lampu mati maka konveyor bergerak ke kiri
2. Pada pengujian rangkaian sensor LDR hasil perhitungan kondisi pada saat terkena cahaya 4,45 Volt dan kondisi pada saat tidak terkena cahaya 0.055 Volt
3. Pada pengujian rangkaian photodiode pada saat sensor terhalang didapatkan pengukuran sebesar 4.57 V, sedangkan pada saat sensor tidak terhalang didapatkan pengukuran sebesar 0,26 V.

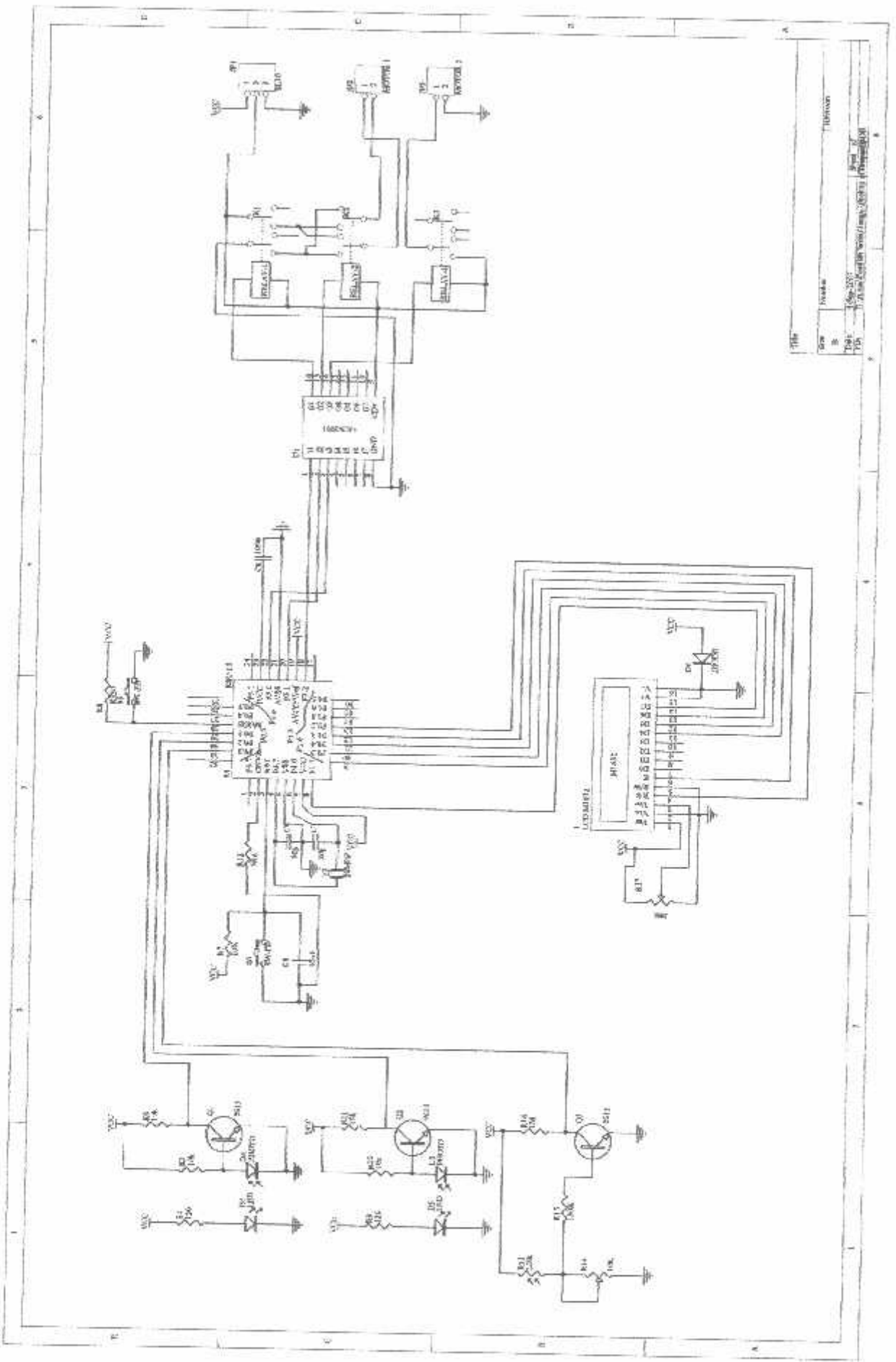
#### **5.2. Saran**

1. Agar sistem dapat bekerja dengan maksimal, maka dibutuhkan alat atau komponen yang presisi dan dirancang dengan ketelitian yang lebih tinggi pula.
2. Alat ini nantinya bisa dikembangkan dengan menambahkan sistem pengepakan bolam lampu yang masih hidup.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budioko, Totok, 2005, "*Belajar Dengan Mudah dan Cepat Pemrograman Bahasa C Dengan SDCC (Small Device C Compiler) Pada Mikrokontroler AT89X051/AT89C51/52 Teori, Simulasi dan Aplikasi*", Gava Media, Yogyakarta.
  - [2] Malvino, Albert Paul, "*Prinsip-prinsip Elektronika*", Jilid pertama edisi ketiga 7.6, Terjemahan Prof. M. Barnawi, Ph. D. Penerbit Erlangga, Jakarta 1996
  - [3] *LCD Modul User Manual*, Seiko Instrument Ing, 1987
  - [4] Owen, Bishop, "Dasar-dasar Elektronika, Penerbit Erlangga, Jakarta 2004
  - [5] [www.renesas.com](http://www.renesas.com)
  - [6] [http://www.duicenter.com/books/dd\\_fallacy.html](http://www.duicenter.com/books/dd_fallacy.html)
  - [7] <http://www.alldatasheet.com>
  - [8] [www.innovativeelectronics.com](http://www.innovativeelectronics.com)
  - [9] [www. Electroniclab.com](http://www.Electroniclab.com)
-

# LAMPIRAN



Title		Revision	
Drawn	Checked	Approved	Reviewed
Date		Date	
By		By	
For		For	



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : I Made Yunantara  
IM : 02.17.051  
Masa Bimbingan : 14 Februari 2007 – 14 Agustus 2007  
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Alat Penyeleksi Nyala Atau Mati Bola Lampu Dengan menggunakan Rencas R8C/TINY

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	1/8 <sup>07</sup>	Revisi bab I	
2	4/8 <sup>07</sup>	Revisi bab II & bab III	
3	7/8 <sup>07</sup>	Acc bab I, II, III	
4	9/8 <sup>07</sup>	Revisi bab IV	
5	15/8 <sup>07</sup>	Acc bab IV, revisi bab V	
6	18/8 <sup>07</sup>	Acc bab V	
7	20/8 <sup>07</sup>	Acc Seminar Hasil	
8	29/8 <sup>07</sup>	Revisi daftar isi	
9	31/8 <sup>07</sup>	Acc daftar isi	
10	2/9 <sup>07</sup>	Acc usulan skripsi	

Malang,  
Dosen Pembimbing II

(IR. Eko Nurchyo)  
NIP.Y. 1028700172



### FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian komprehensif jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro, Konsentrasi Elektronika yang diselenggarakan pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 6 September 2007

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : I Made Yunantara

N.I.M : 02.17.051

Judul : Perancangan dan Pembuatan Alat Penyeleksi Nyala  
Atau Mati Bola Lampu Dengan Menggunakan  
RENESAS R8C/TINY

No	Materi Perbaikan	Paraf Dosen Penguji
1	Jelaskan Cara Merangkai/membuat Mikroprosesor System (minimal system)	
2	Buatlah/Desainlah Sebuah Mikroprosesor System, jelaskan dan Gambarkan	

**Disetujui Oleh:**

**Penguji Pertama**

**(Dr. Cahyo Crysdian, Msc)**  
NIP. 1030400412

**Mengetahui :**

**Dosen Pembimbing I**

**(Sotyo Hadi, ST.)**

**Dosen Pembimbing II**

**(Dr. Eko Nurcahyo)**  
NIP. Y.1028700172





## FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian komprehensif jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro, Konsentrasi Elektronika yang diselenggarakan pada:

Hari : Kamis  
Tanggal : 6 September 2007

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : I Made Yunantara  
N.I.M : 02.17.051  
Judul : Perancangan dan Pembuatan Alat Penyeleksi Nyala  
Atau Mati Bola Lampu Dengan Menggunakan  
RENESAS R8C/TINY

No	Materi Perbaikan	Paraf Dosen Penguji
1	Abstraksi	
2	Algoritma System	
3	Flowchart	
4	Pengujian System	
5	Kesimpulan	

Disetujui Oleh:

Penguji Kedua

(M. Ashar, ST, MT)  
NIP.1030500408

Mengetahui :

Dosen Pembimbing I

(Setyo Hadi, ST.)

Dosen Pembimbing II

(Ir. Eko Nurcahyo)  
NIP.V.1028700172

```

/*****
*
*****/

/*****
* Tempat deklarasi include
*****/
#include <stdio.h>
#include "sfr_r813.h"

#define motor1      p3_0
#define motor2a     p3_1
#define motor2b     p3_2
#define LED1        p3_3

#define Tombol0      p0_0
#define Tombol1      p0_1
#define Tombol2      p0_2
#define Tombol3      p0_3
#define Tombol4      p0_4
#define Tombol5      p0_5
#define Tombol6      p0_6
#define Tombol7      p0_7

int Konst = 0;
int adNil = 0;
int adNil1 = 0;
int adNil2 = 0;
int adNil3 = 0;
int adNil4 = 0;
int adNil5 = 0;
int adh1 = 0;
int adh11 = 0;
int adh12 = 0;
int adh13 = 0;
int adh14 = 0;
int adh15 = 0;
char hit=0;
char hit1=0;
char hit2=0;
char hit3=0;

```

---

```

/*****
*   Tempat Subrutin /deklarasi prototype subrutin
*****/
// contoh: void Delay(void) {..source code Subrutin Delay..}

/*****
***
*   Function : main()
*   program section
*****/
**/
void init()
{
    asm("FCLR I");
    prcr = 1;
    cm13 = 1;
    cm15 = 1;
    select bit : HIGH */
    cm05 = 0;
    cm16 = 0;
    cm17 = 0;
    cm06 = 0;
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    asm("nop");
    ocd2 = 0;
    prcr = 0;

    p1 = 0xFF;
    pd1 = 0xFF;
    p0 = 0x00;
    pd0 = 0xFF;
    p3 = 0x00;
    pd3 = 0x0f;

    }

void delay_ms (int n)
{
    Prex = 99;
    Tx = 199;
    Txs = 1;

```

```

While(n>0)
{
    While(txund!= 1);
    Txund = 0;
    n--;
}
Txs = 0;
}

```

```

void LCD_data(char c,char dat)
{
    pl_2 = c;
    if((dat & 0x80)==0x80) pl_7=1; else pl_7=0;
    if((dat & 0x40)==0x40) pl_6=1; else pl_6=0;
    if((dat & 0x20)==0x20) pl_5=1; else pl_5=0;
    if((dat & 0x10)==0x10) pl_4=1; else pl_4=0;
    pl_3 = 1;          pl_3 = 0;
    if((dat & 0x08)==0x08) pl_7=1; else pl_7=0;
    if((dat & 0x04)==0x04) pl_6=1; else pl_6=0;
    if((dat & 0x02)==0x02) pl_5=1; else pl_5=0;
    if((dat & 0x01)==0x01) pl_4=1; else pl_4=0;
    pl_3 = 1;          pl_3 = 0;
    Delay_ms (1000);
}

```

```

void Tulis_LCD(char a, char* dat)
{
    char i = 0;
    LCD_data(0,a);
    while(dat[i] != 0)
    {
        LCD_data(1,dat[i]); i++;
    }
}

```

```

void Tulis_LCD_Byte(char posisi,char dat)
{
    unsigned int temp;
    LCD_data(0,posisi);
    temp=((dat/100)&0x0f)|0x30;
    if (temp> 0x39)temp=temp+7;
    LCD_data(1,temp);
    temp=((((dat%100)/10)&0x0f)|0x30;
    if (temp> 0x39)temp=temp+7;
    LCD_data(1,temp);
}

```

---

```

        temp=((dat%100)%10)&0x0f|0x30;
        if (temp> 0x39)temp=temp+7;
        LCD_data(1,temp);
    }
void Tulis_LCD_Byte2(char posisi,char dat)
{
    unsigned int temp;
    LCD_data(0,posisi);
    temp=((dat/10)& 0x0f)|0x30;
    if (temp> 0x39)temp=temp+7;
    LCD_data(1,temp);
    temp=((dat%10)&0x0f)|0x30;
    if (temp> 0x39)temp=temp+7;
    LCD_data(1,temp);
}
void Tulis_LCD_Byte1(char posisi,char dat)
{
    unsigned int temp;
    LCD_data(0,posisi);
    temp=((dat)&0x0f)|0x30;
    if (temp> 0x39)temp=temp+7;
    LCD_data(1,temp);
}

void posisi0(void)
{
    unsigned int temp1;
    temp1 = p0 & 0x0f;
    adNil = temp1;
    if(temp1>=0x0a)
    {
    }
    else
    if(temp1>=0x0d)
    {
    }
    else
    if(temp1<=0x09)
    {Tulis_LCD_Byte1(0x86,temp1);
    Delay_ms (1000);
    }
}

void posisi1(void)
{
    unsigned int temp6;
    temp6 = p0 & 0x0f;
    adNil1 = temp6;

```

---

```

        if(temp6==0x0c)
        {
        }else
        if(temp6==0x0f)
        {Tulis_LCD(0xC0,"Pilihan WAKTU ");
        }else
        if(temp6<=0x0a)
        {Tulis_LCD_Byte1(0x87,temp6);
        Delay_ms (1000);
        }
    }
    void posisi2(void)
    {
        unsigned int temp2;
        temp2 = p0 & 0x0f;
        adNil2 = temp2;
        if(temp2==0x0c)
        {
        }else
        if(temp2==0x0f)
        {Tulis_LCD(0xC0,"Pilihan WAKTU ");
        }else
        if(temp2<=0x0a)
        {Tulis_LCD_Byte1(0x8a,temp2);
        Delay_ms (1000);
        }
    }
    void posisi3(void)
    {
        unsigned int temp3;
        temp3 = p0 & 0x0f;
        adNil3 = temp3;
        if(temp3==0x0c)
        {
        }else
        if(temp3==0x0f)
        {Tulis_LCD(0xC0,"Pilihan WAKTU ");
        }else
        if(temp3<=0x0a)
        {Tulis_LCD_Byte1(0x8b,temp3);
        Delay_ms (1000);
        }
    }
}

```

---

```

void main()
{ unsigned int data1;
  unsigned int data2;
    init();

    Delay_ms (1000);
    LCD_data(0,0x33); LCD_data(0,0x32); LCD_data(0,0x2F);
    LCD_data(0,0x0E); LCD_data(0,0x06); LCD_data(0,0x06);

    Tulis_LCD(0x80,"KADEK YUNAN  ");
    Tulis_LCD(0xC0,"NIM: 02.17.157 ");
    Delay_ms (1000);
    Delay_ms (1000);
    Tulis_LCD(0x80,"PENYELEKSI BOLAM");
    Tulis_LCD(0xC0,"LAMPU HIDUP/MATI");
    Delay_ms (1000);
    Delay_ms (1000);
    Tulis_LCD(0x80,"HIDUP JML. MATT");
    Tulis_LCD(0xC0,"0000 0000 0000");
    Delay_ms (1000);
    Delay_ms (1000);
    // inialisasi / panggilan ke subrutin inialisasi
    // Contoh : pd1 = 0xFF; // direction port 1 diset sbg output semua

```

```

while(1)
{
    if (Tombol0 == 0)
    { motor1 = 1;
      Delay_ms (1000);
      Delay_ms (1000);
    }

    if (Tombol2 == 0)
    {
      motor1 = 0;
      Delay_ms (1000);
      if (Tombol1 == 1)
      {
        adNil = adNil1 + 1;
        adNil1 = adNil;
        Tulis_LCD_Byte(0xC1,adNil1);
        adNil2 = adNil1 + adNil3;

```

---

## 1. Overview

This MCU is built using the high-performance silicon gate CMOS process using a R8C/Tiny Series CPU core and is packaged in a 32-pin plastic molded LQFP. This MCU operates using sophisticated instructions featuring a high level of instruction efficiency. With 1M bytes of address space, it is capable of executing instructions at high speed.

The data flash ROM (2 KB X 2 blocks) is embedded.

### 1.1 Applications

Electric household appliance, office equipment, housing equipment (sensor, security), general industrial equipment, audio, etc.



## 1.2 Performance Outline

Table 1.1. Lists the performance outline of this MCU.

**Table 1.1 Performance outline**

Item		Performance
CPU	Number of basic instructions	89 instructions
	Shortest instruction execution time	50 ns ( $f(XIN) = 20\text{ MHz}$ , $VCC = 3.0\text{ to }5.5\text{ V}$ ) 100 ns ( $f(XIN) = 10\text{ MHz}$ , $VCC = 2.7\text{ to }5.5\text{ V}$ )
	Operating mode	Single-chip
	Address space	1M bytes
	Memory capacity	See Table 1.2.
Peripheral function	Interrupt	Internal: 11 factors, External: 5 factors, Software: 4 factors, Priority level: 7 levels
	Watchdog timer	15 bits x 1 (with prescaler) Reset start function selectable
	Timer	Timer X: 8 bits x 1 channel, Timer Y: 8 bits x 1 channel, Timer Z: 8 bits x 1 channel (Each timer equipped with 8-bit prescaler) Timer C: 16 bits x 1 channel Circuits of input capture and output compare.
	Serial interface	*1 channel Clock synchronous, UART *1 channel UART
	A/D converter	10-bit A/D converter: 1 circuit, 12 channels
	Clock generation circuit	2 circuits *Main clock generation circuit (Equipped with a built-in feedback resistor) *On-chip oscillator (high-speed, low-speed) On high-speed on-chip oscillator the frequency adjustment function is usable.
	Oscillation stop detection function	Stop detection of main clock oscillation
	Voltage detection circuit	Included
	Power on reset circuit	Included
	Port	Input/Output: 22 (including LED drive port), Input: 2 (LED drive I/O port: 8)
Electrical characteristics	Power supply voltage	$VCC = 3.0\text{ to }5.5\text{ V}$ ( $f(XIN) = 20\text{ MHz}$ ) $VCC = 2.7\text{ to }5.5\text{ V}$ ( $f(XIN) = 10\text{ MHz}$ )
	Power consumption	Typ.9 mA ( $VCC = 5.0\text{ V}$ , ( $f(XIN) = 20\text{ MHz}$ , High-speed mode) Typ.5 mA ( $VCC = 3.0\text{ V}$ , ( $f(XIN) = 10\text{ MHz}$ , High-speed mode) Typ.35 $\mu\text{A}$ ( $VCC = 3.0\text{ V}$ , Wait mode, Peripheral clock stops) Typ.0.7 $\mu\text{A}$ ( $VCC = 3.0\text{ V}$ , Stop mode)
Flash memory	Program/erase voltage	$VCC = 2.7\text{ to }5.5\text{ V}$
	Number of program/erase	10,000 times (Data area) 1,000 times (Program area)
Operating ambient temperature		-20 to 85°C -40 to 85°C (D-version)
Package		32-pin plastic mold LQFP

1.3 Block Diagram

Figure 1.1 shows this MCU block diagram.

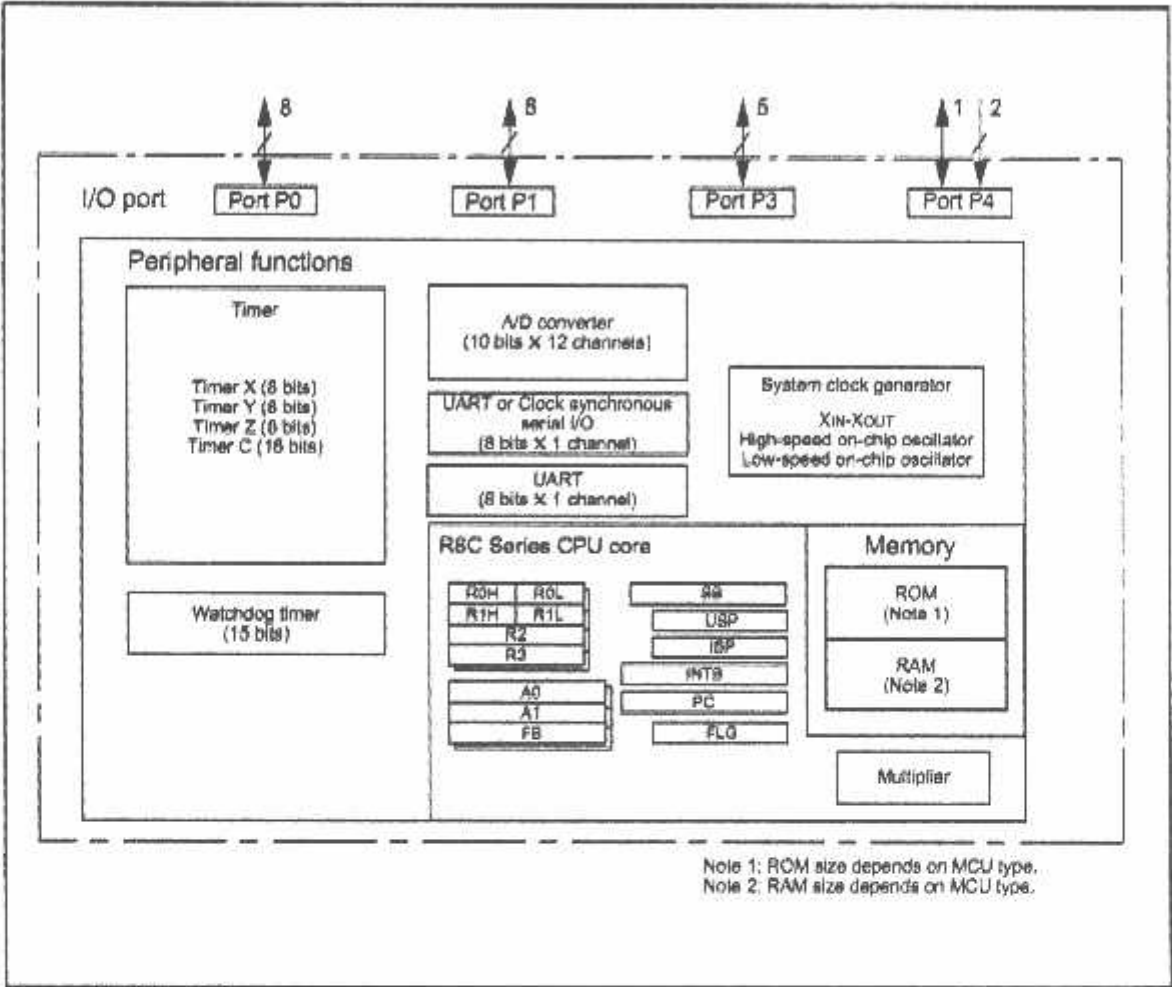


Figure 1.1 Block Diagram

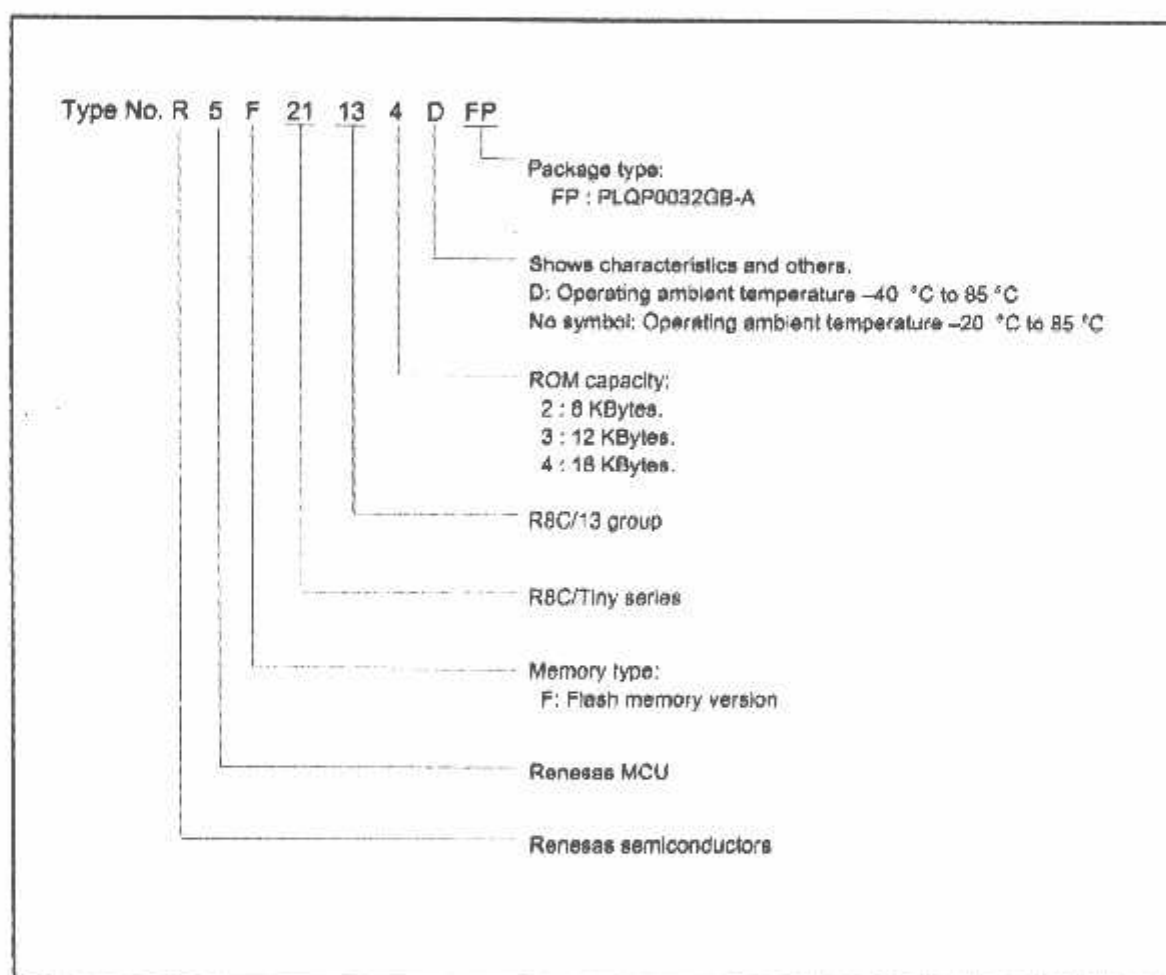
## 1.4 Product Information

Table 1.2 lists the products.

**Table 1.2 Product List**

As of April 2005

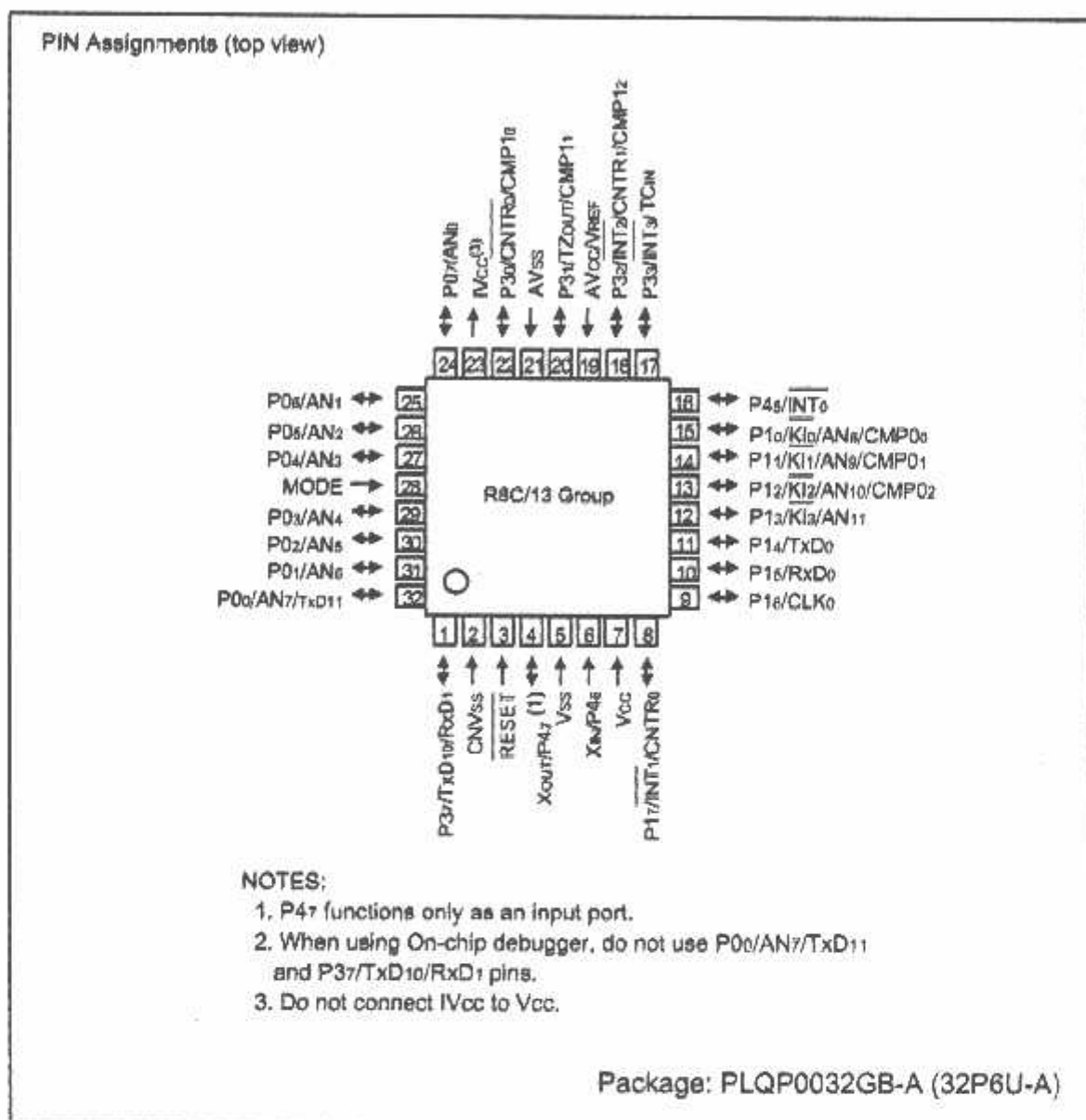
Type No.	ROM capacity		RAM capacity	Package type	Remarks
	Program area	Data area			
R5F21132FP	8K bytes	2K bytes x 2	512 bytes	PLQP0032GB-A	Flash memory version
R5F21133FP	12K bytes	2K bytes x 2	768 bytes	PLQP0032GB-A	
R5F21134FP	16K bytes	2K bytes x 2	1K bytes	PLQP0032GB-A	
R5F21132DFP	8K bytes	2K bytes x 2	512 bytes	PLQP0032GB-A	D version
R5F21133DFP	12K bytes	2K bytes x 2	768 bytes	PLQP0032GB-A	
R5F21134DFP	16K bytes	2K bytes x 2	1K bytes	PLQP0032GB-A	



**Figure 1.2 Type No., Memory Size, and Package**

## 1.5 Pin Assignments

Figure 1.3 shows the pin configuration (top view).



### NOTES:

1. P47 functions only as an input port.
2. When using On-chip debugger, do not use P00/AN7/TXD11 and P37/TXD10/RXD1 pins.
3. Do not connect IVCC to VCC.

Figure 1.3 Pin Assignments (Top View)

## 1.6 Pin Description

Table 1.3 shows the pin description

**Table 1.3 Pin description**

Signal name	Pin name	I/O type	Function
Power supply input	Vcc, Vss	I	Apply 2.7 V to 5.5 V to the Vcc pin. Apply 0 V to the Vss pin.
IVcc	IVcc	O	This pin is to stabilize internal power supply Connect this pin to Vss via a capacitor (0.1 $\mu$ F) Do not connect to Vcc
Analog power supply input	AVcc, AVss	I	These are power supply input pins for A/D converter. Connect the AVcc pin to Vcc. Connect the AVss pin to Vss. Connect a capacitor between pins AVcc and AVss.
Reset input	RESET	I	"L" on this input resets the MCU.
CNVss	CNVss	I	Connect this pin to Vss via a resistor <sup>(1)</sup>
MODE	MODE	I	Connect this pin to Vcc via a resistor
Main clock input	XIN	I	These pins are provided for the main clock generating circuit I/O. Connect a ceramic resonator or a crystal oscillator between the XIN and XOUT pins. To use an externally derived clock, input it to the XIN pin and leave the XOUT pin open.
Main clock output	XOUT	O	
INT interrupt input	INT0 to INT3	I	These are INT interrupt input pins.
Key input interrupt input	KI0 to KI3	I	These are key input interrupt pins.
Timer X	CNTR0	I/O	This is the timer X I/O pin.
	CNTR0	O	This is the timer X output pin.
Timer Y	CNTR1	I/O	This is the timer Y I/O pin.
Timer Z	TZOUT	O	This is the timer Z output pin.
Timer C	TCIN	I	This is the timer C input pin.
	CMP00 to CMP03, CMP10 to CMP13	O	These are the timer C output pins.
Serial interface	CLK0	I/O	This is a transfer clock I/O pin.
	RxD0, RxD1	I	These are serial data input pins.
	TxD0, TxD10, TxD11	O	These are serial data output pins.
Reference voltage input	VREF	I	This is a reference voltage input pin for A/D converter. Connect the VREF pin to Vcc.
A/D converter	AN0 to AN11	I	These are analog input pins for A/D converter.
I/O port	P00 to P07, P10 to P17, P30 to P33, P37, P45	I/O	These are 8-bit CMOS I/O ports. Each port has an I/O select direction register, allowing each pin in that port to be directed for input or output individually. Any port set to input can select whether to use a pull-up resistor or not by program. P10 to P17 also function as LED drive ports.
Input port	P46, P47	I	These are input only pins.

2. Central Processing Unit (CPU)

Figure 2.1 shows the CPU registers. The CPU has 13 registers. Of these, R0, R1, R2, R3, A0, A1 and FB comprise a register bank. There are two register banks.

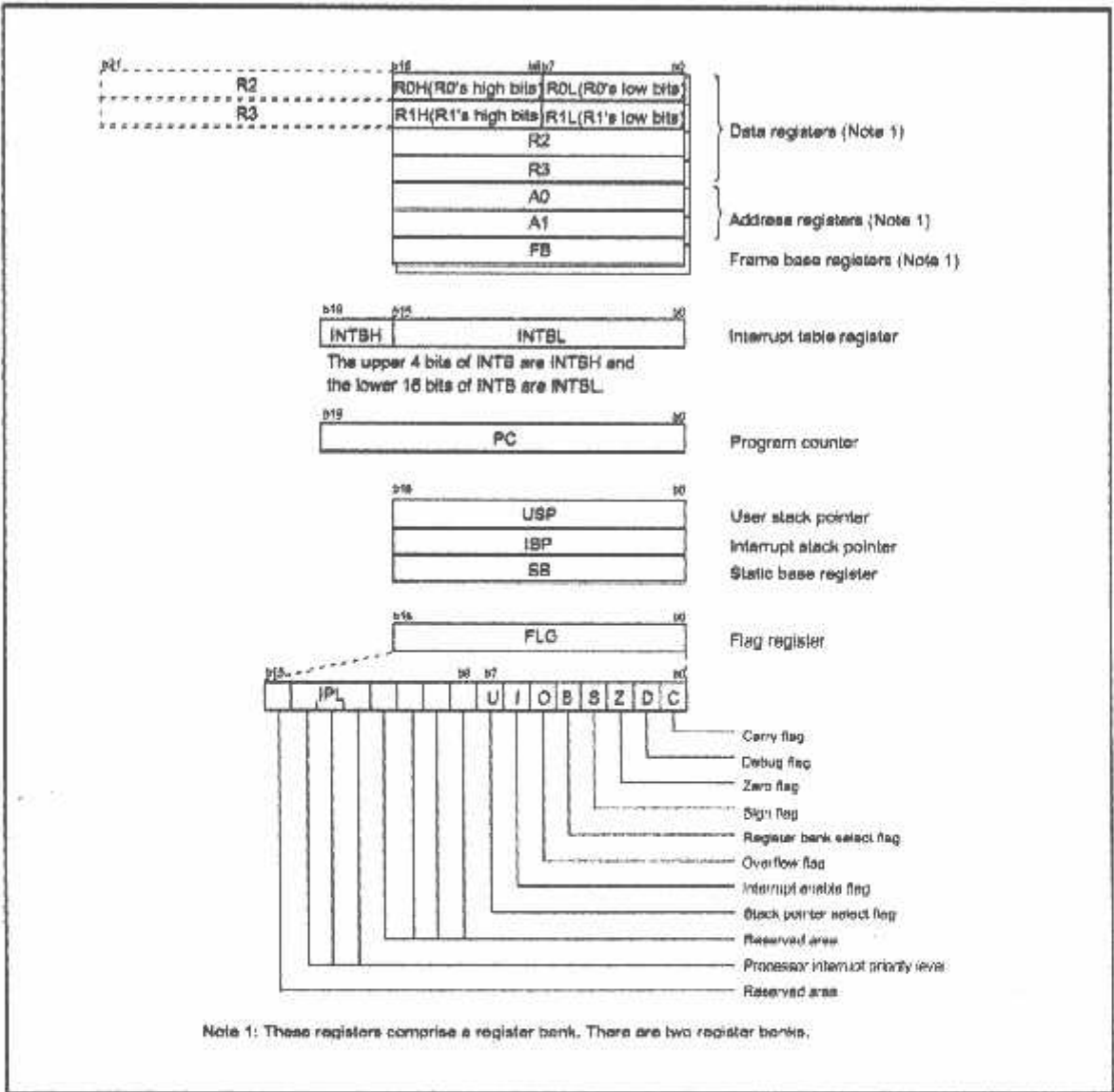


Figure 2.1 Central Processing Unit Register

2.1 Data Registers (R0, R1, R2 and R3)

The R0 register consists of 16 bits, and is used mainly for transfers and arithmetic/logic operations. R1 to R3 are the same as R0.

The R0 register can be separated between high (R0H) and low (R0L) for use as two 8-bit data registers. R1H and R1L are the same as R0H and R0L. Conversely, R2 and R0 can be combined for use as a 32-bit data register (R2R0). R3R1 is the same as R2R0.

## 2.2 Address Registers (A0 and A1)

The register A0 consists of 16 bits, and is used for address register indirect addressing and address register relative addressing. They also are used for transfers and logic/logic operations. A1 is the same as A0.

In some instructions, registers A1 and A0 can be combined for use as a 32-bit address register (A1A0).

## 2.3 Frame Base Register (FB)

FB is configured with 16 bits, and is used for FB relative addressing.

## 2.4 Interrupt Table Register (INTB)

INTB is configured with 20 bits, indicating the start address of an interrupt vector table.

## 2.5 Program Counter (PC)

PC is configured with 20 bits, indicating the address of an instruction to be executed.

## 2.6 User Stack Pointer (USP) and Interrupt Stack Pointer (ISP)

Stack pointer (SP) comes in two types: USP and ISP, each configured with 16 bits.

Your desired type of stack pointer (USP or ISP) can be selected by the U flag of FLG.

## 2.7 Static Base Register (SB)

SB is configured with 16 bits, and is used for SB relative addressing.

## 2.8 Flag Register (FLG)

FLG consists of 11 bits, indicating the CPU status.

### 2.8.1 Carry Flag (C Flag)

This flag retains a carry, borrow, or shift-out bit that has occurred in the arithmetic/logic unit.

### 2.8.2 Debug Flag (D Flag)

The D flag is used exclusively for debugging purpose. During normal use, it must be set to "0".

### 2.8.3 Zero Flag (Z Flag)

This flag is set to "1" when an arithmetic operation resulted in 0; otherwise, it is "0".

### 2.8.4 Sign Flag (S Flag)

This flag is set to "1" when an arithmetic operation resulted in a negative value; otherwise, it is "0".

### 2.8.5 Register Bank Select Flag (B Flag)

Register bank 0 is selected when this flag is "0"; register bank 1 is selected when this flag is "1".

### 2.8.6 Overflow Flag (O Flag)

This flag is set to "1" when the operation resulted in an overflow; otherwise, it is "0".

### 2.8.7 Interrupt Enable Flag (I Flag)

This flag enables a maskable interrupt.

Maskable interrupts are disabled when the I flag is "0", and are enabled when the I flag is "1". The I flag is cleared to "0" when the interrupt request is accepted.

### 2.8.8 Stack Pointer Select Flag (U Flag)

ISP is selected when the U flag is "0"; USP is selected when the U flag is "1".

The U flag is cleared to "0" when a hardware interrupt request is accepted or an INT instruction for software interrupt Nos. 0 to 31 is executed.

### 2.8.9 Processor Interrupt Priority Level (IPL)

IPL is configured with three bits, for specification of up to eight processor interrupt priority levels from level 0 to level 7.

If a requested interrupt has priority greater than IPL, the interrupt is enabled.

### 2.8.10 Reserved Area

When write to this bit, write "0". When read, its content is indeterminate.



3. Memory

Figure 3.1 is a memory map of this MCU. The address space extends the 1M bytes from address 00000<sub>16</sub> to FFFFF<sub>16</sub>.

The internal ROM (program area) is allocated in a lower address direction beginning with address 0FFFF<sub>16</sub>. For example, a 16-Kbyte internal ROM is allocated to the addresses from 0C000<sub>16</sub> to 0FFFF<sub>16</sub>.

The fixed interrupt vector table is allocated to the addresses from 0FFDC<sub>16</sub> to 0FFFF<sub>16</sub>. Therefore, store the start address of each interrupt routine here.

The internal ROM (data area) is allocated to the addresses from 02000<sub>16</sub> to 02FFF<sub>16</sub>.

The internal RAM is allocated in an upper address direction beginning with address 00400<sub>16</sub>. For example, a 1-Kbyte internal RAM is allocated to the addresses from 00400<sub>16</sub> to 007FF<sub>16</sub>. In addition to storing data, the internal RAM also stores the stack used when calling subroutines and when interrupts are generated. Special function registers (SFR) are allocated to the addresses from 00000<sub>16</sub> to 002FF<sub>16</sub>. Peripheral function control registers are located here. Of the SFR, any space which has no functions allocated is reserved for future use and cannot be used by users.

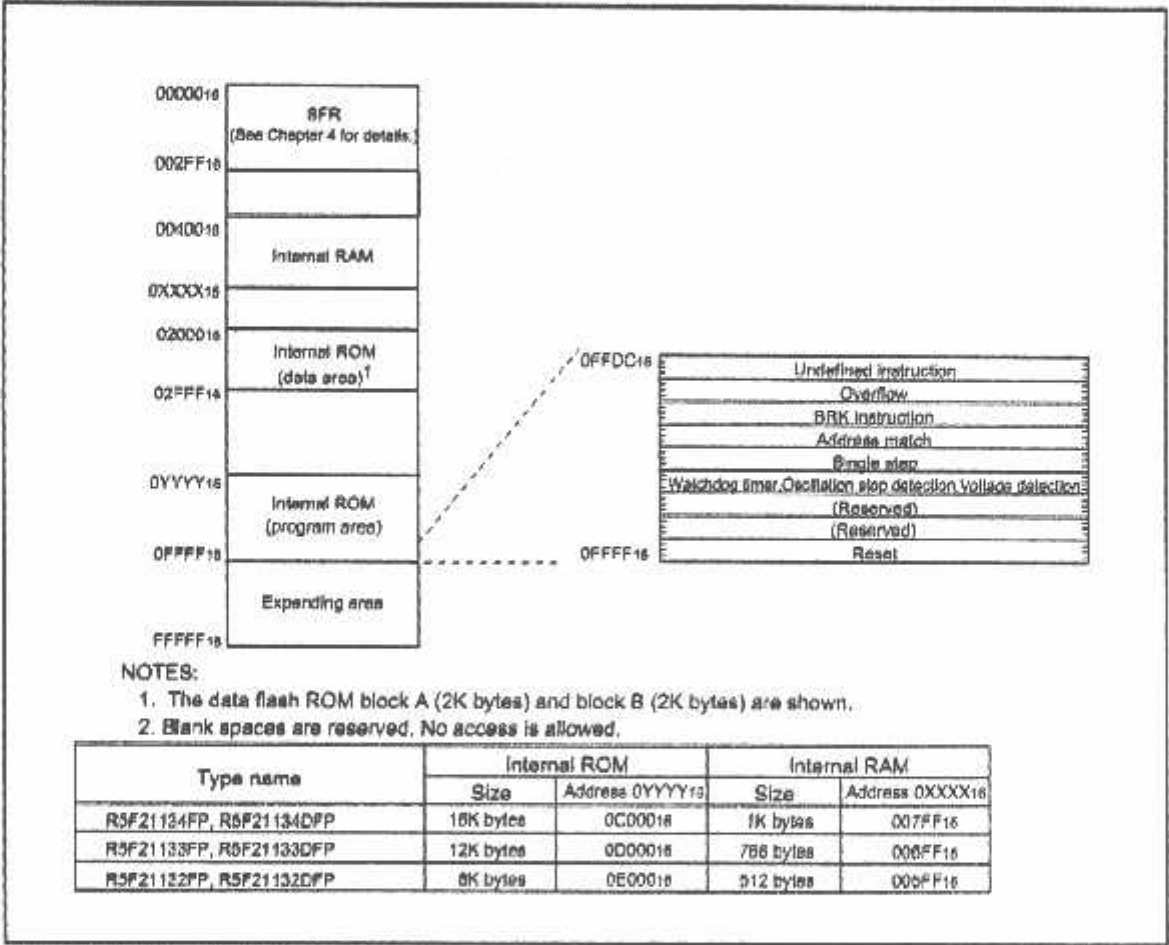


Figure 3.1 Memory Map



## 4. Special Function Register (SFR)

SFR(Special Function Register) is the control register of peripheral functions. Tables 4.1 to 4.4 list the SFR information

Table 4.1 SFR Information(1)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
0000H			
0001H			
0002H			
0003H			
0004H	Processor mode register 0 <sup>1</sup>	PM0	001B
0005H	Processor mode register 1	PM1	001B
0006H	System clock control register 0	CM0	011010002
0007H	System clock control register 1	CM1	001000002
0008H	High-speed on-chip oscillator control register 0	HR0	001B
0009H	Address match interrupt enable register	AIER	XXXXXX002
000AH	Protect register	PRCR	00XXXX002
000BH	High-speed on-chip oscillator control register 1	HR1	401B
000CH	Oscillation stop detection register	OCD	000001002
000DH	Watchdog timer reset register	WDR	XX1B
000EH	Watchdog timer start register	WDS	XX1B
000FH	Watchdog timer control register	WDC	000111112
0010H	Address match interrupt register 0	RMAD0	001B
0011H			001B
0012H			X01B
0013H			
0014H	Address match interrupt register 1	RMAD1	001B
0015H			001B
0016H			X01B
0017H			
0018H			
0019H	Voltage detection register 1 <sup>2</sup>	VCR1	000010002
001AH	Voltage detection register 2 <sup>2</sup>	VCR2	001B <sup>3</sup> 100000002 <sup>4</sup>
001BH			
001CH			
001DH			
001EH	INT0 input filter select register	INT0F	XXXXXX002
001FH	Voltage detection interrupt register <sup>2</sup>	D4INT	001B <sup>3</sup> 010000012 <sup>4</sup>
0020H			
0021H			
0022H			
0023H			
0024H			
0025H			
0026H			
0027H			
0028H			
0029H			
002AH			
002BH			
002CH			
002DH			
002EH			
002FH			
0030H			
0031H			
0032H			
0033H			
0034H			
0035H			
0036H			
0037H			
0038H			
0039H			
003AH			
003BH			
003CH			
003DH			
003EH			
003FH			

X : Undefined

NOTES:

- Blank columns are all reserved space. No access is allowed.
- Software reset or the watchdog timer reset does not affect this register.
- Owing to Reset Input.
- In the case of RESET pin = H retaining.

Table 4.2 SFR Information(2)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
0040 <sub>16</sub>			
0041 <sub>16</sub>			
0042 <sub>16</sub>			
0043 <sub>16</sub>			
0044 <sub>16</sub>			
0045 <sub>16</sub>			
0046 <sub>16</sub>			
0047 <sub>16</sub>			
0048 <sub>16</sub>			
0049 <sub>16</sub>			
004A <sub>16</sub>			
004B <sub>16</sub>			
004C <sub>16</sub>			
004D <sub>16</sub>	Key input interrupt control register	KUPIC	XXXXX0002
004E <sub>16</sub>	AD conversion interrupt control register	ADIC	XXXXX0002
004F <sub>16</sub>			
0050 <sub>16</sub>	Compare 1 interrupt control register	CMP1IC	XXXXX0002
0051 <sub>16</sub>	UART0 transmit interrupt control register	S0TIC	XXXXX0002
0052 <sub>16</sub>	UART0 receive interrupt control register	S0RIC	XXXXX0002
0053 <sub>16</sub>	UART1 transmit interrupt control register	S1TIC	XXXXX0002
0054 <sub>16</sub>	UART1 receive interrupt control register	S1RIC	XXXXX0002
0055 <sub>16</sub>	INT2 interrupt control register	INT2IC	XXXXX0002
0056 <sub>16</sub>	Timer X interrupt control register	TXIC	XXXXX0002
0057 <sub>16</sub>	Timer Y interrupt control register	TYIC	XXXXX0002
0058 <sub>16</sub>	Timer Z interrupt control register	TZIC	XXXXX0002
0059 <sub>16</sub>	INT1 interrupt control register	INT1IC	XXXXX0002
005A <sub>16</sub>	INT3 interrupt control register	INT3IC	XXXXX0002
005B <sub>16</sub>	Timer C interrupt control register	TCIC	XXXXX0002
005C <sub>16</sub>	Compare 0 interrupt control register	CMP0IC	XXXXX0002
005D <sub>16</sub>	INT0 interrupt control register	INT0IC	XXXXX0002
005E <sub>16</sub>			
005F <sub>16</sub>			
0060 <sub>16</sub>			
0061 <sub>16</sub>			
0062 <sub>16</sub>			
0063 <sub>16</sub>			
0064 <sub>16</sub>			
0065 <sub>16</sub>			
0066 <sub>16</sub>			
0067 <sub>16</sub>			
0068 <sub>16</sub>			
0069 <sub>16</sub>			
006A <sub>16</sub>			
006B <sub>16</sub>			
006C <sub>16</sub>			
006D <sub>16</sub>			
006E <sub>16</sub>			
006F <sub>16</sub>			
0070 <sub>16</sub>			
0071 <sub>16</sub>			
0072 <sub>16</sub>			
0073 <sub>16</sub>			
0074 <sub>16</sub>			
0075 <sub>16</sub>			
0076 <sub>16</sub>			
0077 <sub>16</sub>			
0078 <sub>16</sub>			
0079 <sub>16</sub>			
007A <sub>16</sub>			
007B <sub>16</sub>			
007C <sub>16</sub>			
007D <sub>16</sub>			
007E <sub>16</sub>			
007F <sub>16</sub>			

X : Undefined

NOTES:

1. Blank columns are all reserved space. No access is allowed.

Table 4.3 SFR Information(3)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
0080 <sub>16</sub>	Timer Y, Z mode register	TYZMR	00 <sub>16</sub>
0081 <sub>16</sub>	Prescaler Y	PREY	FF <sub>16</sub>
0082 <sub>16</sub>	Timer Y secondary	TYSC	FF <sub>16</sub>
0083 <sub>16</sub>	Timer Y primary	TYPR	FF <sub>16</sub>
0084 <sub>16</sub>	Timer Y, Z waveform output control register	PUM	00 <sub>16</sub>
0085 <sub>16</sub>	Prescaler Z	PREZ	FF <sub>16</sub>
0086 <sub>16</sub>	Timer Z secondary	TZSC	FF <sub>16</sub>
0087 <sub>16</sub>	Timer Z primary	TZPR	FF <sub>16</sub>
0088 <sub>16</sub>			
0089 <sub>16</sub>			
008A <sub>16</sub>	Timer Y, Z output control register	TYZOC	00 <sub>16</sub>
008B <sub>16</sub>	Timer X mode register	TXMR	00 <sub>16</sub>
008C <sub>16</sub>	Prescaler X	PREX	FF <sub>16</sub>
008D <sub>16</sub>	Timer X register	TX	FF <sub>16</sub>
008E <sub>16</sub>	Count source set register	TCSB	00 <sub>16</sub>
008F <sub>16</sub>			
0090 <sub>16</sub>	Timer C register	TC	00 <sub>16</sub>
0091 <sub>16</sub>			00 <sub>16</sub>
0092 <sub>16</sub>			
0093 <sub>16</sub>			
0094 <sub>16</sub>			
0095 <sub>16</sub>			
0096 <sub>16</sub>	External input enable register	INTEN	00 <sub>16</sub>
0097 <sub>16</sub>			
0098 <sub>16</sub>	Key input enable register	KIEN	00 <sub>16</sub>
0099 <sub>16</sub>			
009A <sub>16</sub>	Timer C control register 0	TCC0	00 <sub>16</sub>
009B <sub>16</sub>	Timer C control register 1	TCC1	00 <sub>16</sub>
009C <sub>16</sub>	Capture, compare 0 register	TM0	00 <sub>16</sub>
009D <sub>16</sub>			00 <sub>16</sub> <sup>2</sup>
009E <sub>16</sub>	Compare 1 register	TM1	FF <sub>16</sub>
009F <sub>16</sub>			FF <sub>16</sub>
00A0 <sub>16</sub>	UART0 transmit/receive mode register	U0MR	00 <sub>16</sub>
00A1 <sub>16</sub>	UART0 bit rate register	U0BRG	XX <sub>16</sub>
00A2 <sub>16</sub>	UART0 transmit buffer register	U0TB	XX <sub>16</sub>
00A3 <sub>16</sub>			XX <sub>16</sub>
00A4 <sub>16</sub>	UART0 transmit/receive control register 0	U0C0	00001000 <sub>2</sub>
00A5 <sub>16</sub>	UART0 transmit/receive control register 1	U0C1	00000010 <sub>2</sub>
00A6 <sub>16</sub>	UART0 receive buffer register	U0RB	XX <sub>16</sub>
00A7 <sub>16</sub>			XX <sub>16</sub>
00A8 <sub>16</sub>	UART1 transmit/receive mode register	U1MR	00 <sub>16</sub>
00A9 <sub>16</sub>	UART1 bit rate register	U1BRG	XX <sub>16</sub>
00AA <sub>16</sub>	UART1 transmit buffer register	U1TB	XX <sub>16</sub>
00AB <sub>16</sub>			XX <sub>16</sub>
00AC <sub>16</sub>	UART1 transmit/receive control register 0	U1C0	00001000 <sub>2</sub>
00AD <sub>16</sub>	UART1 transmit/receive control register 1	U1C1	00000010 <sub>2</sub>
00AE <sub>16</sub>	UART1 receive buffer register	U1RB	XX <sub>16</sub>
00AF <sub>16</sub>			XX <sub>16</sub>
00B0 <sub>16</sub>	UART transmit/receive control register 2	UCON	00 <sub>16</sub>
00B1 <sub>16</sub>			
00B2 <sub>16</sub>			
00B3 <sub>16</sub>			
00B4 <sub>16</sub>			
00B5 <sub>16</sub>			
00B6 <sub>16</sub>			
00B7 <sub>16</sub>			
00B8 <sub>16</sub>			
00B9 <sub>16</sub>			
00BA <sub>16</sub>			
00BB <sub>16</sub>			
00BC <sub>16</sub>			
00BD <sub>16</sub>			
00BE <sub>16</sub>			
00BF <sub>16</sub>			

X: Undefined

## NOTES:

- Blank columns are all reserved space. No access is allowed.
- When the output compare mode is selected (the TCC13 bit in the TCC1 register = 1), the value is set to FFFF<sub>16</sub>.

Table 4.4 SFR Information(4)(1)

Address	Register	Symbol	After reset
00C0:00	AD register	AD	XX16
00C0:04			XX16
00C0:08			
00C0:0C			
00C0:10			
00C0:14			
00C0:18			
00C0:1C			
00C0:20			
00C0:24			
00C0:28			
00C0:2C			
00C0:30			
00C0:34			
00C0:38			
00C0:3C			
00C0:40	AD control register 2	ADCON2	0016
00C0:44	AD control register 0	ADCON0	00000XXX2
00C0:48	AD control register 1	ADCON1	0016
00C0:4C			
00C0:50			
00C0:54			
00C0:58			
00C0:5C			
00C0:60			
00C0:64			
00C0:68			
00C0:6C			
00C0:70			
00C0:74			
00C0:78			
00C0:7C			
00C0:80	Port P0 register	P0	XX16
00C0:84	Port P1 register	P1	XX16
00C0:88	Port P0 direction register	PD0	0016
00C0:8C	Port P1 direction register	PD1	0016
00C0:90			
00C0:94	Port P3 register	P3	XX16
00C0:98			
00C0:9C	Port P3 direction register	PD3	0016
00C0:A0	Port P4 register	P4	XX16
00C0:A4			
00C0:A8	Port P4 direction register	PD4	0016
00C0:AC			
00C0:B0			
00C0:B4			
00C0:B8			
00C0:BC			
00C0:C0			
00C0:C4			
00C0:C8			
00C0:CC			
00C0:D0			
00C0:D4			
00C0:D8			
00C0:DC			
00C0:E0			
00C0:E4			
00C0:E8			
00C0:EC			
00C0:F0			
00C0:F4			
00C0:F8			
00C0:FC			
00C1:00	Pull-up control register 0	PUR0	00XX00002
00C1:04	Pull-up control register 1	PUR1	XXXXXX0X2
00C1:08	Port P1 drive capacity control register	DCR	0016
00C1:0C	Timer C output control register	TCOUT	0016
~~~~~			
01B3:00	Flash memory control register 4	FMR4	010000002
01B4:00			
01B6:00	Flash memory control register 1	FMR1	1000000X2
01B6:04			
01B7:00	Flash memory control register 0	FMR0	000000012
01B7:04			
01B7:08			
01B7:0C			
01B7:10			
01B7:14			
01B7:18			
01B7:1C			
01B7:20			
01B7:24			
01B7:28			
01B7:2C			
01B7:30			
01B7:34			
01B7:38			
01B7:3C			
01B7:40			
01B7:44			
01B7:48			
01B7:4C			
01B7:50			
01B7:54			
01B7:58			
01B7:5C			
01B7:60			
01B7:64			
01B7:68			
01B7:6C			
01B7:70			
01B7:74			
01B7:78			
01B7:7C			
01B7:80			
01B7:84			
01B7:88			
01B7:8C			
01B7:90			
01B7:94			
01B7:98			
01B7:9C			
01B7:A0			
01B7:A4			
01B7:A8			
01B7:AC			
01B7:B0			
01B7:B4			
01B7:B8			
01B7:BC			
01B7:C0			
01B7:C4			
01B7:C8			
01B7:CC			
01B7:D0			
01B7:D4			
01B7:D8			
01B7:DC			
01B7:E0			
01B7:E4			
01B7:E8			
01B7:EC			
01B7:F0			
01B7:F4			
01B7:F8			
01B7:FC			
01B8:00			
01B8:04			
01B8:08			
01B8:0C			
01B8:10			
01B8:14			
01B8:18			
01B8:1C			
01B8:20			
01B8:24			
01B8:28			
01B8:2C			
01B8:30			
01B8:34			
01B8:38			
01B8:3C			
01B8:40			
01B8:44			
01B8:48			
01B8:4C			
01B8:50			
01B8:54			
01B8:58			
01B8:5C			
01B8:60			
01B8:64			
01B8:68			
01B8:6C			
01B8:70			
01B8:74			
01B8:78			
01B8:7C			
01B8:80			
01B8:84			
01B8:88			
01B8:8C			
01B8:90			
01B8:94			
01B8:98			
01B8:9C			
01B8:A0			
01B8:A4			
01B8:A8			
01B8:AC			
01B8:B0			
01B8:B4			
01B8:B8			
01B8:BC			
01B8:C0			
01B8:C4			
01B8:C8			
01B8:CC			
01B8:D0			
01B8:D4			
01B8:D8			
01B8:DC			
01B8:E0			
01B8:E4			
01B8:E8			
01B8:EC			
01B8:F0			
01B8:F4			
01B8:F8			
01B8:FC			
01B9:00			
01B9:04			
01B9:08			
01B9:0C			
01B9:10			
01B9:14			
01B9:18			
01B9:1C			
01B9:20			
01B9:24			
01B9:28			
01B9:2C			
01B9:30			
01B9:34			
01B9:38			
01B9:3C			
01B9:40			
01B9:44			
01B9:48			
01B9:4C			
01B9:50			
01B9:54			
01B9:58			
01B9:5C			
01B9:60			
01B9:64			
01B9:68			
01B9:6C			
01B9:70			
01B9:74			
01B9:78			
01B9:7C			
01B9:80			
01B9:84			
01B9:88			
01B9:8C			
01B9:90			
01B9:94			
01B9:98			
01B9:9C			
01B9:A0			
01B9:A4			
01B9:A8			
01B9:AC			
01B9:B0			
01B9:B4			
01B9:B8			
01B9:BC			
01B9:C0			
01B9:C4			
01B9:C8			
01B9:CC			
01B9:D0			
01B9:D4			
01B9:D8			
01B9:DC			
01B9:E0			
01B9:E4			
01B9:E8			
01B9:EC			
01B9:F0			
01B9:F4			
01B9:F8			
01B9:FC			
01BA:00			
01BA:04			
01BA:08			
01BA:0C			
01BA:10			
01BA:14			
01BA:18			
01BA:1C			
01BA:20			
01BA:24			
01BA:28			
01BA:2C			
01BA:30			
01BA:34			
01BA:38			
01BA:3C			
01BA:40			
01BA:44			
01BA:48			
01BA:4C			
01BA:50			
01BA:54			
01BA:58			
01BA:5C			
01BA:60			
01BA:64			
01BA:68			
01BA:6C			
01BA:70			
01BA:74			
01BA:78			
01BA:7C			
01BA:80			
01BA:84			
01BA:88			
01BA:8C			
01BA:90			
01BA:94			
01BA:98			
01BA:9C			
01BA:A0			
01BA:A4			
01BA:A8			
01BA:AC			
01BA:B0			
01BA:B4			
01BA:B8			
01BA:BC			
01BA:C0			
01BA:C4			
01BA:C8			
01BA:CC			
01BA:D0			
01BA:D4			
01BA:D8			
01BA:DC			
01BA:E0			
01BA:E4			
01BA:E8			
01BA:EC			
01BA:F0			
01BA:F4			
01BA:F8			
01BA:FC			
01BB:00			
01BB:04			
01BB:08			
01BB:0C			
01BB:10			
01BB:14			
01BB:18			
01BB:1C			
01BB:20			
01BB:24			
01BB:28			
01BB:2C			
01BB:30			
01BB:34			
01BB:38			
01BB:3C			
01BB:40			
01BB:44			
01BB:48			
01BB:4C			
01BB:50			
01BB:54			
01BB:58			
01BB:5C			
01BB:60			
01BB:64			
01BB:68			
01BB:6C			
01BB:70			
01BB:74			
01BB:78			
01BB:7C			
01BB:80			
01BB:84			
01BB:88			
01BB:8C			
01BB:90			
01BB:94			
01BB:98			
01BB:9C			
01BB:A0			
01BB:A4			
01BB:A8			
01BB:AC			
01BB:B0			
01BB:B4			
01BB:B8			
01BB:BC			
01BB:C0			
01BB:C4			
01BB:C8			
01BB:CC			
01BB:D0			
01BB:D4			
01BB:D8			
01BB:DC			
01BB:E0			
01BB:E4			
01BB:E8			
01BB:EC			
01BB:F0			
01BB:F4			
01BB:F8			
01BB:FC			
01BC:00			
01BC:04			
01BC:08			
01BC:0C			
01BC:10			
01BC:14			
01BC:18			
01BC:1C			

## 5. Electrical Characteristics

Table 5.1 Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Condition	Rated value	Unit
V <sub>CC</sub>	Supply voltage	V <sub>CC</sub> =A <sub>V</sub> CC	-0.3 to 6.5	V
A <sub>V</sub> CC	Analog supply voltage	V <sub>CC</sub> =A <sub>V</sub> CC	-0.3 to 6.5	V
V <sub>I</sub>	Input voltage		-0.3 to V <sub>CC</sub> +0.3	V
V <sub>O</sub>	Output voltage		-0.3 to V <sub>CC</sub> +0.3	V
P <sub>d</sub>	Power dissipation	T <sub>opr</sub> =25 °C	300	mW
T <sub>opr</sub>	Operating ambient temperature		-20 to 85 / -40 to 85 (D version)	°C
T <sub>stg</sub>	Storage temperature		-65 to 150	°C

Table 5.2 Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Conditions	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
V <sub>CC</sub>	Supply voltage		2.7		6.5	V
A <sub>V</sub> CC	Analog supply voltage			V <sub>CC</sub> <sup>3</sup>		V
V <sub>EE</sub>	Supply voltage			0		V
A <sub>V</sub> EE	Analog supply voltage			0		V
V <sub>IH</sub>	"H" input voltage		0.8V <sub>CC</sub>		V <sub>CC</sub>	V
V <sub>IL</sub>	"L" input voltage		0		0.2V <sub>CC</sub>	V
I <sub>OH</sub> (sum)	"H" peak all output currents (peak)	Sum of all pins' IOH			-60.0	mA
I <sub>OH</sub> (peak)	"H" peak output current				-10.0	mA
I <sub>OH</sub> (avg)	"H" average output current				-5.0	mA
I <sub>OL</sub> (sum)	"L" peak all output currents (peak)	Sum of all pins' IOL			60	mA
I <sub>OL</sub> (peak)	"L" peak output current	Except P10 to P17			10	mA
		P10 to P17			30	mA
		Drive ability HIGH			10	mA
I <sub>OL</sub> (avg)	"L" average output current	Except P10 to P17			5	mA
		P10 to P17			15	mA
		Drive ability LOW			5	mA
f (Xin)	Main clock input oscillation frequency	3.0V ≤ V <sub>CC</sub> ≤ 5.5V	0		20	MHz
		2.7V ≤ V <sub>CC</sub> < 3.0V	0		10	MHz

Note

- 1: Referenced to V<sub>CC</sub> = A<sub>V</sub>CC = 2.7 to 5.5V at T<sub>opr</sub> = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C unless otherwise specified.
- 2: The mean output current is the mean value within 100ms.
- 3: Set V<sub>CC</sub>=A<sub>V</sub>CC

Table 5.3 A/D Conversion Characteristics

Symbol	Parameter		Measuring condition	Standard			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
-	Resolution		$V_{ref}=V_{CC}$			10	Bit
-	Absolute accuracy	10 bit mode	$f_{AD}=10\text{ MHz}$ , $V_{ref}=V_{CC}=5.0\text{V}$			$\pm 3$	LSB
		8 bit mode	$f_{AD}=10\text{ MHz}$ , $V_{ref}=V_{CC}=5.0\text{V}$			$\pm 2$	LSB
		10 bit mode	$f_{AD}=10\text{ MHz}$ , $V_{ref}=V_{CC}=3.3\text{V}^3$			$\pm 5$	LSB
		8 bit mode	$f_{AD}=10\text{ MHz}$ , $V_{ref}=V_{CC}=3.3\text{V}^3$			$\pm 2$	LSB
$R_{LADDER}$	Ladder resistance		$V_{REF}=V_{CC}$	10		40	k $\Omega$
$t_{CONV}$	Conversion time	10 bit mode	$f_{AD}=10\text{ MHz}$ , $V_{ref}=V_{CC}=5.0\text{V}$	3.3			$\mu\text{s}$
		8 bit mode	$f_{AD}=10\text{ MHz}$ , $V_{ref}=V_{CC}=5.0\text{V}$	2.8			$\mu\text{s}$
$V_{REF}$	Reference voltage				$V_{CC}^4$		V
$V_{IA}$	Analogue input voltage			0		$V_{ref}$	V
-	A/D operation clock frequency <sup>2</sup>	Without sample & hold		0.25		10	MHz
		With sample & hold		1.0		10	MHz

Note

1: Referenced to  $V_{CC}=AV_{CC}=2.7$  to  $5.5\text{V}$  at  $T_{opr} = -20$  to  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $-40$  to  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified.

2: When  $f_{AD}$  is 10 MHz more, divide the  $f_{AD}$  and make A/D operation clock frequency ( $\phi_{AD}$ ) lower than 10 MHz.

3: When the  $AV_{CC}$  is less than 4.2V, divide the  $f_{AD}$  and make A/D operation clock frequency ( $\phi_{AD}$ ) lower than  $f_{AD}/2$ .

4: Set  $V_{CC}=V_{ref}$

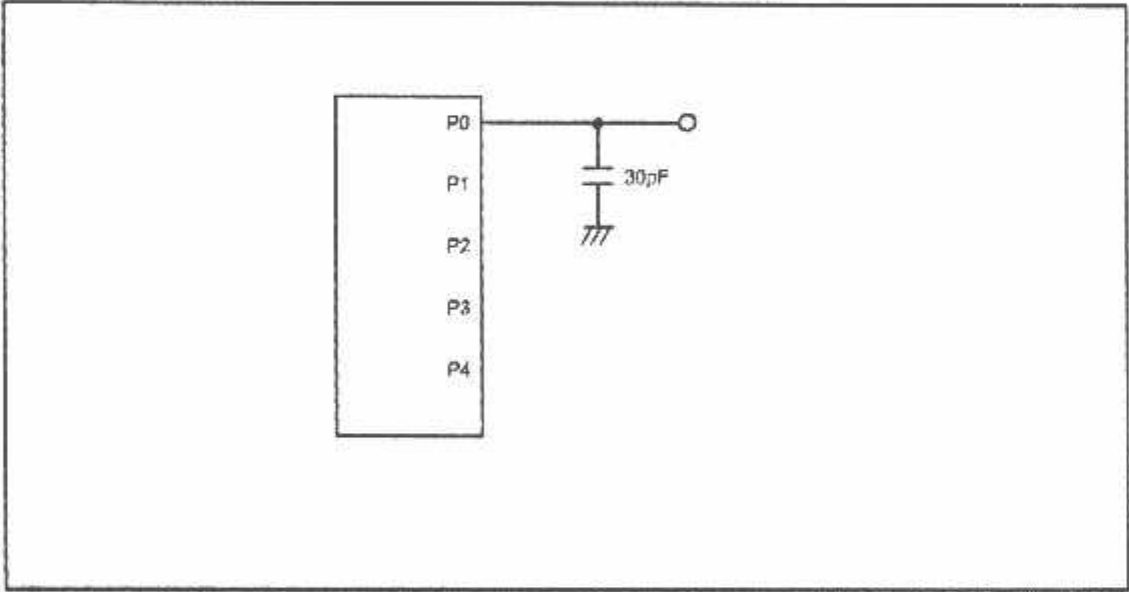


Figure 5.1 Port P0 to P4 measurement circuit



**Table 5.4 Flash Memory (Program area) Electrical Characteristics**

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
—	Program/Erase cycle <sup>2</sup>		1000 <sup>3</sup>	—	—	cycle
—	Byte program time	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	60	—	μs
—	Block erase time	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	0.4	—	s
t <sub>(SREB)</sub>	Time delay from Suspend Request until Erase Suspend		—	—	8	ms
—	Erase Suspend Request Interval		10	—	—	ms
—	Program, Erase Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Read Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Program, Erase Temperature		0	—	80	°C
—	Data-retention duration	Topr = 55 °C	20	—	—	year

**Table 5.5 Flash Memory (Data area Block A, Block B) Electrical Characteristics<sup>4</sup>**

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
—	Program/Erase endurance <sup>2</sup>		10000 <sup>3</sup>	—	—	times
—	Byte program time(program/erase endurance ≤1000 times)	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	60	400	μs
—	Byte program time(program/erase endurance >1000 times)	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	85	—	μs
—	Block erase time(program/erase endurance ≤1000 times)	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	0.2	8	s
—	Block erase time(program/erase endurance >1000 times)	Vcc = 5.0 V at Topr = 25 °C	—	0.3	—	s
t <sub>(SREB)</sub>	Time delay from Suspend Request until Erase Suspend		—	—	8	ms
—	Erase Suspend Request Interval		10	—	—	ms
—	Program, Erase Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Read Voltage		2.7	—	5.5	V
—	Program/Erase Temperature		-20(-40) <sup>5</sup>	—	85	°C
—	Data-retention duration	Topr = 55 °C	20	—	—	year

**Note**

1: Referenced to Vcc=AVcc=2.7 to 5.5V at Topr = 0°C to 80°C unless otherwise specified.

2: Definition of Program/Erase

The cycle of Program/Erase shows a cycle for each block.

If the program/erase number is "n" (n = 1000, 10000), "n" times erase can be performed for each block.

For example, if performing one-byte write to the distinct addresses on Block A of 2K-byte block 2048 times and then erasing that block, the number of Program/Erase cycles is one time.

However, performing multiple writes to the same address before an erase operation is prohibited (overwriting prohibited).

3: Maximum numbers of Program/Erase cycles for which all electrical characteristics is guaranteed.

4: Table 5.5 applies for Block A or B when the Program/Erase cycles are more than 1000. The byte program time up to 1000 cycles are the same as that of the program area (see Table 5.4).

5: To reduce the number of Program/Erase cycles, a block erase should ideally be performed after writing in series as many distinct addresses (only one time each) as possible. If programming a set of 16 bytes, write up to 128 sets and then erase them one time. This will result in ideally reducing the number of Program/Erase cycles. Additionally, averaging the number of Program/Erase cycles for Block A and B will be more effective. It is important to track the total number of block erases and restrict the number.

6: If error occurs during block erase, attempt to execute the clear status register command, then the block erase command at least three times until the erase error disappears.

7: Customers desiring Program/Erase failure rate information should contact their Renesas technical support representative.

8: -40 °C for D version.

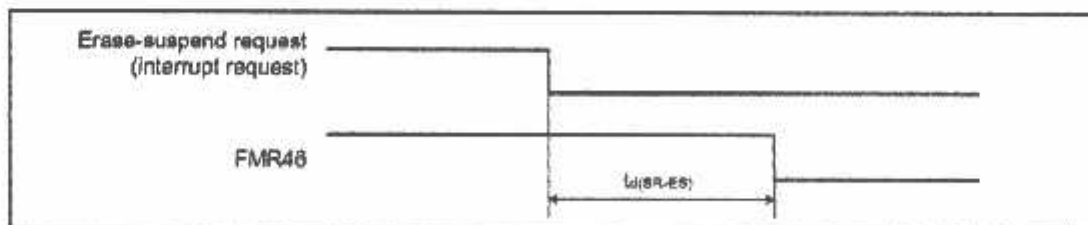
**Figure 5.2 Time delay from Suspend Request until Erase Suspend**

Table 5.6 Voltage Detection Circuit Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vdel	Voltage detection level		3.3	3.6	4.3	V
	Voltage detection interrupt request generating time <sup>2</sup>			40		μs
	Voltage detection circuit self consumption current	VC27=1, VCC=5.0V		600		nA
tr(F-A)	Waiting time until voltage detection circuit operation starts <sup>3</sup>				20	μs
Vccmin	Microcomputer operation voltage minimum value		2.7			V

- NOTES:
1. The measuring condition is Vcc=AVcc=2.7V to 5.5V and Topr=-40°C to 85°C.
  2. This shows the time until the voltage detection interrupt request is generated since the voltage passes Vdel.
  3. This shows the required time until the voltage detection circuit operates when setting to "1" again after setting the VC27 bit in the VCR2 register to "0".

Table 5.7 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Using Hardware Reset 2<sup>1, 3</sup>)

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vpor2	Power-on reset valid voltage	-20°C ≤ Topr ≤ 85°C	—	—	Vdel	V
tr(Vpor2-Vdel)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled <sup>2</sup>	-20°C ≤ Topr ≤ 85°C, tr(por2) ≥ 0s <sup>2</sup>	—	—	100	ms

- NOTES:
1. The voltage detection circuit which is embedded in a microcomputer is a factor to generate the hardware reset 2. Refer to 5.1.2 Hardware Reset 2.
  2. This condition is not applicable when using Vcc ≥ 1.0V.
  3. When turning power on after the external power has been held below the valid voltage for greater than 10 seconds, refer to Table 16.8 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Not Using Hardware Reset 2).
  4. tr(por2) is time to hold the external power below effective voltage (Vpor2).

Table 5.8 Reset Circuit Electrical Characteristics (When Not Using Hardware Reset 2)

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Vpor1	Power-on reset valid voltage	-20°C ≤ Topr ≤ 85°C	—	—	0.1	V
tr(Vpor1-Vdel)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	0°C ≤ Topr ≤ 85°C, tr(por1) ≥ 10s <sup>2</sup>	—	—	100	ms
tr(Vpor1-Vdel)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	-20°C ≤ Topr ≤ 0°C, tr(por1) ≥ 30s <sup>2</sup>	—	—	100	ms
tr(Vpor1-Vdel)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	-20°C ≤ Topr ≤ 0°C, tr(por1) ≥ 10s <sup>2</sup>	—	—	*	ms
tr(Vpor1-Vdel)	Supply voltage rising time when power-on reset is canceled	0°C ≤ Topr ≤ 85°C, tr(por1) ≥ 1s <sup>2</sup>	—	—	0.8	ms

- NOTES:
1. When not using hardware reset 2, use with Vcc ≥ 2.7V.
  2. tr(por1) is time to hold the external power below effective voltage (Vpor1).

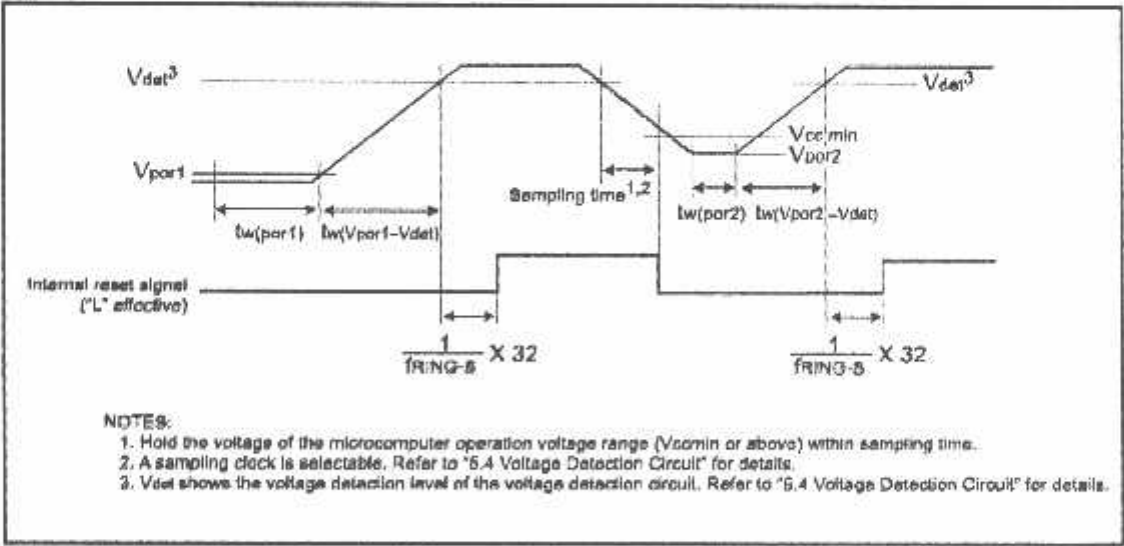


Figure 5.3 Reset Circuit Electrical Characteristics



Table 5.12 Electrical Characteristics (2) [V<sub>CC</sub>=5V]

Symbol	Parameter	Measuring condition		Min.	Standard Typ.	Max.	Unit
I <sub>CC</sub>	Power supply current (V <sub>CC</sub> =3.3 to 5.0V) In single-chip mode, the output pins are open and other pins are V <sub>SS</sub>	High-speed mode	X=20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 1		9	18	mA
			X=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division		8	14	mA
			X=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division		5		mA
		Medium-speed mode	X=20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 2		4		mA
			X=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 2		3		mA
			X=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 2		2		mA
		High-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator on=4 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz No division		4	8	mA
			Main clock off High-speed on-chip oscillator on=4 MHz Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 2		1.6		mA
		Low-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz Division by 2		470	900	μA
		Wait mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed <sup>1</sup> Peripheral clock operation V <sub>CC</sub> =V <sub>DD</sub>		40	80	μA
		Wait mode	Main clock on High-speed on-chip oscillator on Low-speed on-chip oscillator on=125 kHz When a WAIT instruction is executed <sup>2</sup> Peripheral clock off V <sub>CC</sub> =V <sub>DD</sub>		28	76	μA
		Stop mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator off CM10=V <sub>DD</sub> Peripheral clock off V <sub>CC</sub> =V <sub>DD</sub>		0.8	3.0	μA

## NOTES

1: The power supply current measuring is executed using the measuring program on flash memory.

2: Timer Y is operated with timer mode.

Table 5.9 High-speed On-Chip Oscillator Circuit Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
—	High-speed on-chip oscillator frequency 1 / (td(HR1) + t2(HR1)) when the reset is released	VCC=5.0V, Topr=25 °C Set "40" in the HR1 register	—	4	—	MHz
td(HR1)	Settable high-speed on-chip oscillator minimum period	VCC=5.0V, Topr=25 °C Set "00" in the HR1 register	—	81	—	ns
td(HR)	High-speed on-chip oscillator period adjusted unit	Differences when setting "01" and "02" in the HR register	—	1	—	ns
—	High-speed on-chip oscillator temperature dependence(1)	Frequency fluctuation in temperature range of -10 °C to 50 °C	—	±5	—	%
—	High-speed on-chip oscillator temperature dependence(2)	Frequency fluctuation in temperature range of -40 °C to 85 °C	—	±10	—	%

NOTES:

1. The measuring condition is Vcc=AVcc=5.0 V and Topr=25 °C.

Table 5.10 Power Circuit Timing Characteristics

Symbol	Parameter	Measuring condition	Standard			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
td(P-R)	Time for internal power supply stabilization during powering-on <sup>2</sup>		1	—	2000	μs
td(R-S)	STOP release time <sup>3</sup>		—	—	150	μs

Note

1. The measuring condition is Vcc=AVcc=2.7 to 5.5 V and Topr=25 °C.

2. This shows the wait time until the internal power supply generating circuit is stabilized during power-on.

3. This shows the time until BCLK starts from the interrupt acknowledgement to cancel stop mode.

Table 5.11 Electrical Characteristics (1) [Vcc=5V]

Symbol	Parameter		Measuring condition	Standard			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
V <sub>OH</sub>	“H” output voltage	Except Xout	I <sub>OH</sub> =5mA	V <sub>CC</sub> -2.0	—	V <sub>CC</sub>	V
			I <sub>OH</sub> =200μA	V <sub>CC</sub> -0.3	—	V <sub>CC</sub>	V
		Xout	Drive capacity HIGH I <sub>OH</sub> =1.0mA	V <sub>CC</sub> -2.0	—	V <sub>CC</sub>	V
V <sub>OL</sub>	“L” output voltage	P10 to P17	Drive capacity LOW I <sub>OL</sub> =500μA	V <sub>CC</sub> -2.0	—	V <sub>CC</sub>	V
		Except Xout	I <sub>OL</sub> =5 mA	—	—	2.0	V
			I <sub>OL</sub> =200 μA	—	—	0.45	V
		P10 to P17	Drive capacity HIGH I <sub>OL</sub> =1.0 mA	—	—	2.0	V
	Xout	Drive capacity LOW	I <sub>OL</sub> =5 mA	—	—	2.0	V
		Drive capacity HIGH	I <sub>OL</sub> =1.0 mA	—	—	2.0	V
		Drive capacity LOW	I <sub>OL</sub> =500 μA	—	—	2.0	V
V <sub>I</sub> / V <sub>H</sub>	Hysteresis	INT0, INT1, INT2, INT3, R0, R1, R2, R3, CNTR0, CNTR1, TCM, RxD0, RxD1, P46		0.2	—	1.0	V
		RESET		0.2	—	2.2	V
I <sub>IH</sub>	“H” input current		V <sub>I</sub> =0V	—	—	5.0	μA
I <sub>IL</sub>	“L” input current		V <sub>I</sub> =0V	—	—	-5.0	μA
R <sub>PU</sub> (1)	Pull-up resistance		V <sub>I</sub> =0V	30	50	167	kΩ
R <sub>FB</sub>	Feedback resistance	Xin		—	10	—	MΩ
f <sub>osc</sub> (2)	Low-speed on-chip oscillator frequency			40	126	250	kHz
V <sub>RAM</sub>	RAM retention voltage		All stop mode	2.0	—	—	V

Note

1: Referenced to Vcc=AVcc=4.2 to 5.5V at Topr = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(XIN)=20MHz unless otherwise specified.

Timing requirements (Unless otherwise noted:  $V_{CC} = 5V$ ,  $V_{SS} = 0V$  at  $T_a = 25^\circ C$ ) [ $V_{CC}=5V$ ]

Table 5.13 XIN input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(XIN)$	XIN input cycle time	50		ns
$t_{WH}(XIN)$	XIN input HIGH pulse width	25		ns
$t_{WL}(XIN)$	XIN input LOW pulse width	25		ns

Table 5.14 CNTR0 input, CNTR1 input, INT2 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(CNTR0)$	CNTR0 input cycle time	100		ns
$t_{WH}(CNTR0)$	CNTR0 input HIGH pulse width	40		ns
$t_{WL}(CNTR0)$	CNTR0 input LOW pulse width	40		ns

Table 5.15 TCIN input, INT3 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(TCIN)$	TCIN input cycle time	400 <sup>1</sup>		ns
$t_{WH}(TCIN)$	TCIN input HIGH pulse width	200 <sup>2</sup>		ns
$t_{WL}(TCIN)$	TCIN input LOW pulse width	200 <sup>2</sup>		ns

## NOTES

- 1 : When using the Timer C input capture mode, adjust the cycle time above ( 1/ Timer C count source frequency x 3).
- 2 : When using the Timer C input capture mode, adjust the pulse width above ( 1/ Timer C count source frequency x 1.5).

Table 5.16 Serial Interface

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(CLK)$	CLKI input cycle time	200		ns
$t_{WH}(CLK)$	CLKI input HIGH pulse width	100		ns
$t_{WL}(CLK)$	CLKI input LOW pulse width	100		ns
$t_d(C-Q)$	TxDI output delay time		80	ns
$t_h(C-Q)$	TxDI hold time	0		ns
$t_{su}(D-C)$	RxDI input setup time	35		ns
$t_h(C-D)$	RxDI input hold time	90		ns

Table 5.17 External interrupt INT0 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_{WH}(INH)$	INT0 input HIGH pulse width	250 <sup>1</sup>		ns
$t_{WL}(INL)$	INT0 input LOW pulse width	250 <sup>2</sup>		ns

## NOTES

- 1 : When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input HIGH pulse width to the greater value, either ( 1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.
- 2 : When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input LOW pulse width to the greater value, either ( 1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.

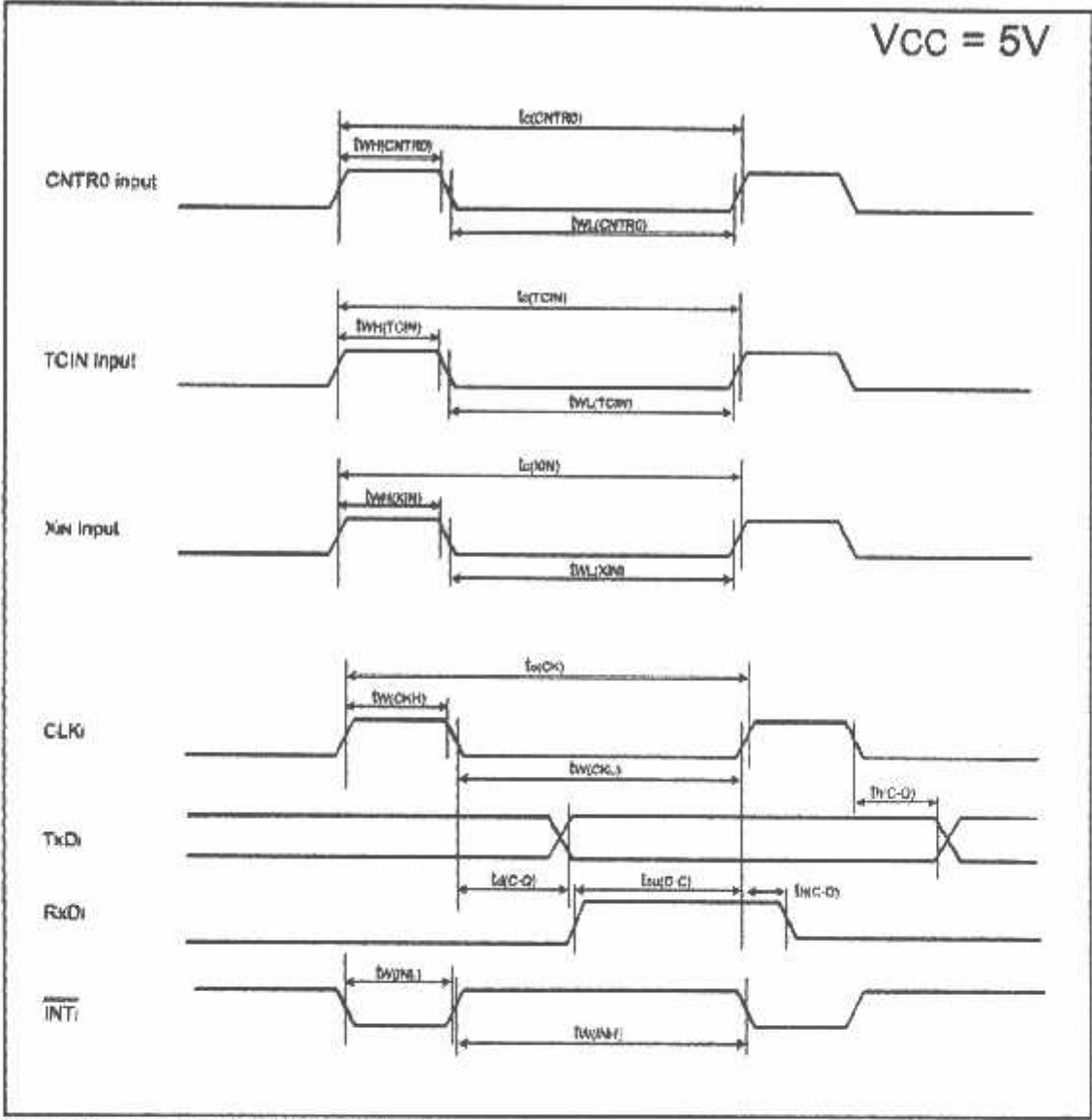


Figure 5.4 Vcc=5V timing diagram

Table 5.18 Electrical Characteristics (3) [Vcc=3V]

Symbol	Parameter		Measuring condition		Standard			Unit
					Min.	Typ.	Max.	
V <sub>OH</sub>	“H” output voltage	Except XOUT	I <sub>OH</sub> =-1mA		Vcc-0.5	—	Vcc	V
		XOUT	Drive capacity HIGH I <sub>OH</sub> =-5.1mA Drive capacity LOW I <sub>OH</sub> =-50μA		Vcc-0.5	—	Vcc	V
V <sub>OL</sub>	“L” output voltage	P10 to P17 Except XOUT	I <sub>OL</sub> =1mA		—	—	0.5	V
		P10 to P17	Drive capacity HIGH I <sub>OL</sub> =2mA Drive capacity LOW I <sub>OL</sub> =1mA		—	—	0.5	V
		XOUT	Drive capacity HIGH I <sub>OL</sub> =0.1mA Drive capacity LOW I <sub>OL</sub> =50μA		—	—	0.5	V
					—	—	0.5	V
V <sub>T</sub> , V <sub>T</sub>	Hysteresis	INT0, INT1, INT2, INT3, K0, K1, K2, K3, CNTR0, CNTR1, TCM, RxD0, RxD1, P4a			0.2	—	0.5	V
		RESET			0.2	—	1.5	V
I <sub>IN</sub>	“H” input current		V <sub>IN</sub> =3V		—	—	4.0	μA
I <sub>L</sub>	“L” input current		V <sub>IN</sub> =0V		—	—	4.0	μA
R <sub>PULLUP</sub>	Pull-up resistance		V <sub>IN</sub> =0V		60	100	500	kΩ
R <sub>FB</sub>	Feedback resistance	XIN			—	3.0	—	MΩ
f <sub>OSC0</sub>	Low speed on-chip oscillator frequency				40	125	250	kHz
V <sub>SRAM</sub>	SRAM retention voltage		At sleep mode		2.0	—	—	V

Note

1: Referenced to Vcc=AVcc=2.7 to 3.3V at T<sub>OPR</sub> = -20 to 85 °C / -40 to 85 °C, f(XIN)=10MHz unless otherwise specified.

Table 5.19 Electrical Characteristics (4) [Vcc=3V]

Symbol	Parameter	Measuring condition	Min	Standard Typ	Max	Unit
Icc	Power supply current (Vcc=2.7 to 3.0V) In single chip mode, the output pins are open and other pins are Vcc	High-speed mode	Xcc=20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator on Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz No division	6	13	mA
			Xcc=16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz No division	7	12	mA
			Xcc=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz No division	8		mA
		Middle-speed mode	Xcc=20 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz Division by 8	3		mA
			Xcc=16 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz Division by 8	2.8		mA
			Xcc=10 MHz (square wave) High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz Division by 8	1.5		mA
		High-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator on 6 MHz Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz No division	—	3.5	7.5 mA
			Main clock off High-speed on-chip oscillator on 6 MHz Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz Division by 8	1.5		mA
		Low-speed on-chip oscillator mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz Division by 8	420	800	μA
		Wait mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz When a WAIT instruction is executed Peripherals clock operation VCC2=V <sub>CC</sub>	37	71	μA
		Wait mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator on 125 kHz When a WAIT instruction is executed Peripherals clock off VCC2=V <sub>CC</sub>	35	70	μA
		Stop mode	Main clock off High-speed on-chip oscillator off Low-speed on-chip oscillator off CM10=V <sub>CC</sub> Peripherals clock off VCC2=V <sub>CC</sub>	0.7	3.0	μA

NOTES  
1: The power supply current measuring is executed using the measuring program on flash memory.  
2: Timer Y is operated with timer mode.

Timing requirements (Unless otherwise noted:  $V_{CC} = 3V$ ,  $V_{SS} = 0V$  at  $T_a = 25^\circ C$ ) [ $V_{CC}=3V$ ]

Table 5.20 XIN Input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(XIN)$	XIN input cycle time	100		ns
$t_{WH}(XIN)$	XIN input HIGH pulse width	40		ns
$t_{WL}(XIN)$	XIN input LOW pulse width	40		ns

Table 5.21 CNTR0 Input, CNTR1 input, INT2 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(CNTR0)$	CNTR0 input cycle time	300		ns
$t_{WH}(CNTR0)$	CNTR0 input HIGH pulse width	120		ns
$t_{WL}(CNTR0)$	CNTR0 input LOW pulse width	120		ns

Table 5.22 TCIN input, INT3 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(TCIN)$	TCIN input cycle time	1200 <sup>1</sup>		ns
$t_{WH}(TCIN)$	TCIN input HIGH pulse width	800 <sup>2</sup>		ns
$t_{WL}(TCIN)$	TCIN input LOW pulse width	800 <sup>2</sup>		ns

## NOTES

- 1 : When using the Timer C Input capture mode, adjust the cycle time above ( 1/ Timer C count source frequency x 3).
- 2 : When using the Timer C Input capture mode, adjust the pulse width above ( 1/ Timer C count source frequency x 1.5).

Table 5.23 Serial Interface

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_C(CLK)$	CLKi input cycle time	300		ns
$t_{WH}(CLKH)$	CLKi input HIGH pulse width	150		ns
$t_{WL}(CLKL)$	CLKi input LOW pulse width	150		ns
$t_d(C-Q)$	TxDi output delay time		160	ns
$t_h(C-Q)$	TxDi hold time	0		ns
$t_{su}(D-C)$	RxDi input setup time	55		ns
$t_h(C-D)$	RxDi input hold time	90		ns

Table 5.24 External interrupt INT0 input

Symbol	Parameter	Standard		Unit
		Min.	Max.	
$t_{WH}(INH)$	INT0 input HIGH pulse width	380 <sup>1</sup>		ns
$t_{WL}(INL)$	INT0 input LOW pulse width	380 <sup>2</sup>		ns

## NOTES

- 1 : When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input HIGH pulse width to the greater value, either ( 1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.
- 2 : When selecting the digital filter by the INT0 input filter select bit, use the INT0 input LOW pulse width to the greater value, either ( 1/ digital filter clock frequency x 3) or the minimum value of standard.

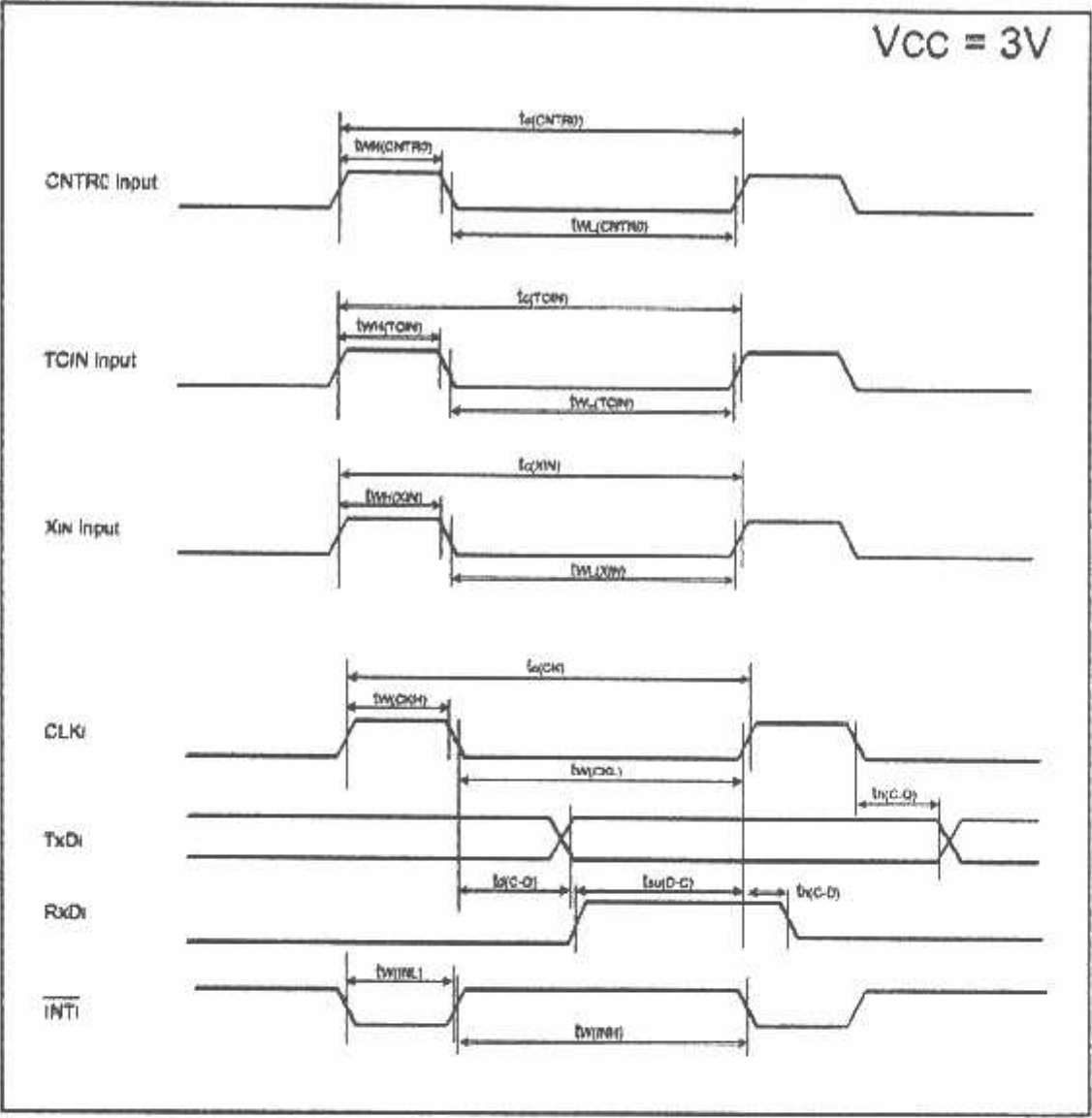
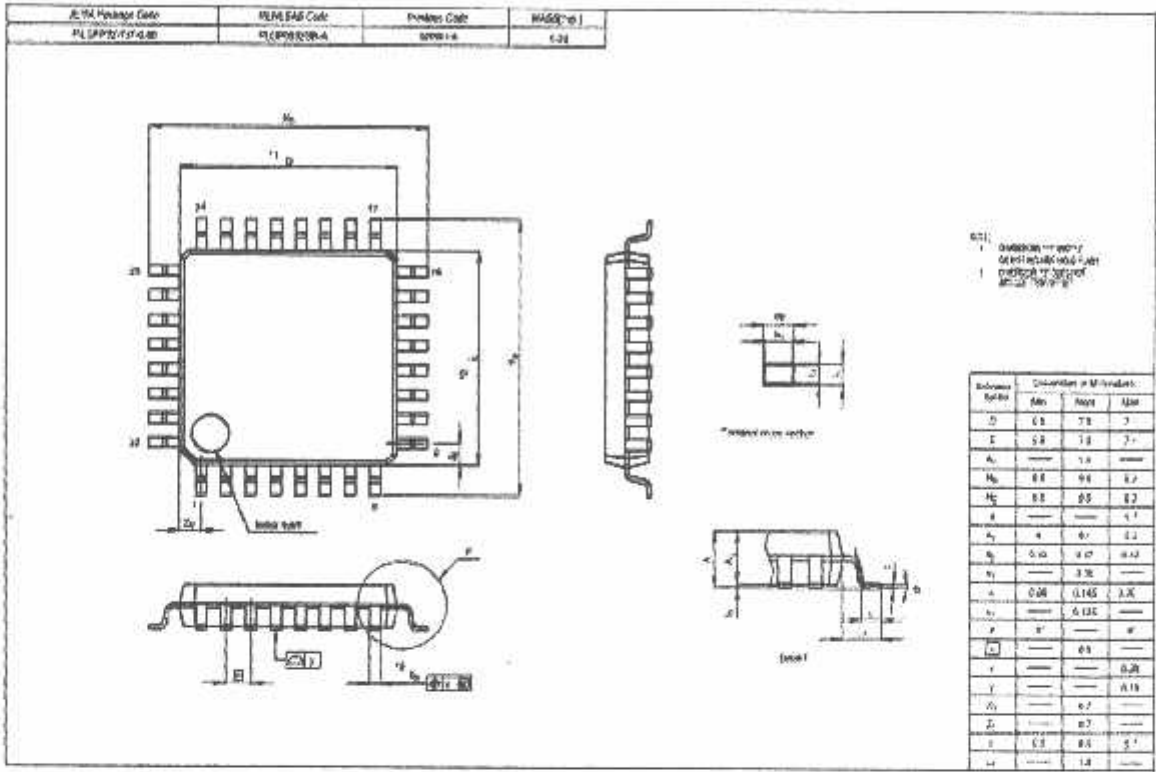


Figure 5.5  $V_{CC}=3V$  timing diagram



Package Dimensions



REVISION HISTORY		R8C/13 Group Datasheet	
Rev.	Date	Description	
		Page	Summary
0.10	Oct 28, 2003		First edition issued
0.20	Dec05, 2003	5	Figure 1.3 revised
		10	Chapter 4, NOTES revised
		16	Table 5.4 revised Table 5.5 revised
		17	Table 5.6 revised Figure 5.3 added
		18	Table 5.8 revised Table 5.10 revised
		21	Figure 5.3 revised to Figure 5.4
		22	Table 5.17 revised
		25	Figure 5.4 revised to Figure 5.5
1.00	Sep 30, 2004	All pages	Words standardized (on-chip oscillator, serial interface, A/D)
		2	Table 1.1 revised
		5	Figure 1.3, NOTES 3 added
		6	Table 1.3 revised
		9	Figure 3.1, NOTES added
		10-13	One body sentence in chapter 4 added ; Titles of Table 4.1 to 4.4 added
		12	Table 4.3 revised ; Table 4.4 revised
		14	Table 5.2 revised
		15	Table 5.3 revised
		16	Table 5.4 and Table 5.5 revised
		17	Table 5.6, 5.7 and 5.8 revised ; Figure 5.3 revised
		18	Table 5.9 and 5.11 revised
		19	Table 5.12 revised
		20	Table 5.13 revised
		22	Table 5.18 revised
		23	Table 5.19 revised
		24	Table 5.20 and Table 5.24 revised
1.10	Apr.27.2005	4	Table 1.2, Figure 1.2 package name revised
		5	Figure 1.3 package name revised
		10	Table 4.1 revised
		12	Table 4.3 revised
		15	Table 5.3 partly revised
		16	Table 5.4, Table 5.5 partly added



## Renesas Technology Corp. Sales Strategic Planning Div. Nippon Bldg. 2-6-2, Ohia-machi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0004, Japan

Keep safety first in your circuit designs!

1. Renesas Technology Corp. puts the maximum effort into making semiconductor products better and more reliable, but there is always the possibility that trouble may occur with them. Trouble with semiconductors may lead to personal injury, fire or property damage. Remember to give due consideration to safety when making your circuit designs, with appropriate measures such as (i) placement of substitutive, auxiliary circuits, (ii) use of heat-resistant material or (iii) prevention against any malfunction or mishap.

### Notes regarding these materials

1. These materials are intended as a reference to assist our customers in the selection of the Renesas Technology Corp. product best suited to the customer's application; they do not convey any license under any intellectual property rights, or any other rights, belonging to Renesas Technology Corp. or a third party.
2. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, or infringement of any third-party's rights, originating in the use of any product data, diagrams, charts, programs, algorithms, or circuit application examples contained in these materials.
3. All information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs and algorithms represents information on products at the time of publication of these materials, and are subject to change by Renesas Technology Corp. without notice due to product improvements or other reasons. It is therefore recommended that customers contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor for the latest product information before purchasing a product listed herein.  
The information described here may contain technical inaccuracies or typographical errors.  
Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability, or other loss arising from these inaccuracies or errors.  
Please also pay attention to information published by Renesas Technology Corp. by various means, including the Renesas Technology Corp. Semiconductor home page (<http://www.renesas.com>).
4. When using any or all of the information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs, and algorithms, please be sure to evaluate all information as a total system before making a final decision on the applicability of the information and products. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability or other loss resulting from the information contained herein.
5. Renesas Technology Corp. semiconductors are not designed or manufactured for use in a device or system that is used under circumstances in which human life is potentially at stake. Please contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor when considering the use of a product contained herein for any specific purposes, such as apparatus or systems for transportation, vehicular, medical, aerospace, nuclear, or aerospace-related use.
6. The prior written approval of Renesas Technology Corp. is necessary to reprint or reproduce in whole or in part these materials.
7. If these products or technologies are subject to the Japanese export control restrictions, they must be exported under a license from the Japanese government and cannot be imported into a country other than the approved destination.  
Any shipment or export contrary to the export control laws and regulations of Japan and/or the country of destination is prohibited.
8. Please contact Renesas Technology Corp. for further details on these materials or the products contained therein.



### RENESAS SALES OFFICES

<http://www.renesas.com>

Refer to "<http://www.renesas.com/en/network>" for the latest and detailed information.

**Renesas Technology America, Inc.**  
460 Holger Way, San Jose, CA 95134-1368, U.S.A.  
Tel: <1> (408) 382-7000, Fax: <1> (408) 382-7001

**Renesas Technology Europe Limited**  
Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K.  
Tel: <44> (1628) 585-100, Fax: <44> (1628) 585-800

**Renesas Technology Hong Kong Ltd.**  
7th Floor, North Tower, World Finance Centre, Harbour City, 1 Canton Road, Tsimshatsui, Kowloon, Hong Kong  
Tel: <852> 2266-8888, Fax: <852> 2730-8074

**Renesas Technology Taiwan Co., Ltd.**  
10th Floor, No.99, Fuxing North Road, Taipei, Taiwan  
Tel: <886> (2) 2715-2888, Fax: <886> (2) 2713-2998

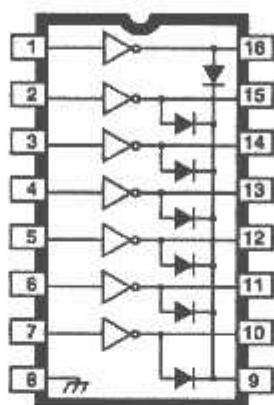
**Renesas Technology (Shanghai) Co., Ltd.**  
Unit2607, Rujing Building, No.206 Maoming Road (B), Shanghai 200020, China  
Tel: <86> (21) 6472-1001, Fax: <86> (21) 6415-2952

**Renesas Technology Singapore Pte. Ltd.**  
1 Harbour Front Avenue, #06-10, Keppel Bay Tower, Singapore 088832  
Tel: <65> 8213-0200, Fax: <65> 8278-8001

# 2003 THRU 2024

Data Sheet  
29304F

## HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS



Drp. No. A-9594

Note that the ULN20xxA series (dual in-line package) and ULN20xxL series (small-outline IC package) are electrically identical and share a common terminal number assignment.

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Output Voltage, $V_{CE}$	
(ULN200xA and ULN200xL) .....	50 V
(ULN202xA and ULN202xL) .....	95 V
Input Voltage, $V_{IN}$ .....	30 V
Continuous Output Current,	
$I_C$ .....	500 mA
Continuous Input Current, $I_{IN}$ .....	25 mA
Power Dissipation, $P_D$	
(one Darlington pair) .....	1.0 W
(total package) .....	See Graph
Operating Temperature Range,	
$T_A$ .....	-20°C to +85°C
Storage Temperature Range,	
$T_S$ .....	-55°C to +150°C

Ideally suited for interfacing between low-level logic circuitry and multiple peripheral power loads, the Series ULN20xxA/L high-voltage, high-current Darlington arrays feature continuous load current ratings to 500 mA for each of the seven drivers. At an appropriate duty cycle depending on ambient temperature and number of drivers turned ON simultaneously, typical power loads totaling over 230 W (350 mA x 7, 95 V) can be controlled. Typical loads include relays, solenoids, stepping motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, and heaters. All devices feature open-collector outputs with integral clamp diodes.

The ULN2003A/L and ULN2023A/L have series input resistors selected for operation directly with 5 V TTL or CMOS. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULN2004A/L and ULN2024A/L have series input resistors for operation directly from 6 to 15 V CMOS or PMOS logic outputs.

The ULN2003A/L and ULN2004A/L are the standard Darlington arrays. The outputs are capable of sinking 500 mA and will withstand at least 50 V in the OFF state. Outputs may be paralleled for higher load current capability. The ULN2023A/L and ULN2024A/L will withstand 95 V in the OFF state.

These Darlington arrays are furnished in 16-pin dual in-line plastic packages (suffix "A") and 16-lead surface-mountable SOICs (suffix "L"). All devices are pinned with outputs opposite inputs to facilitate ease of circuit board layout. All devices are rated for operation over the temperature range of -20°C to +85°C. Most (see matrix, next page) are also available for operation to -40°C; to order, change the prefix from "ULN" to "ULQ".

### FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS-Compatible Inputs
- Output Current to 500 mA
- Output Voltage to 95 V
- Transient-Protected Outputs
- Dual In-Line Plastic Package or Small-Outline IC Package

x = digit to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix on next page.

**Allegro**  
MicroSystems, Inc.

2003 THRU 2024  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS

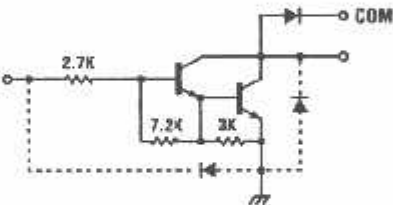
DEVICE PART NUMBER DESIGNATION

$V_{CE(MAX)}$	50 V	95 V
$I_C(MAX)$	500 mA	500 mA
Logic	Part Number	
5V TTL, CMOS	ULN2003A* ULN2003L*	ULN2023A* ULN2023L
6-15 V CMOS, PMOS	ULN2004A* ULN2004L*	ULN2024A ULN2024L

\*Also available for operation between -40°C and +85°C. To order, change prefix from "ULN" to "ULQ".

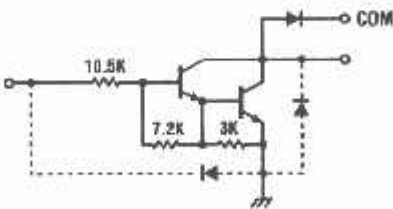
PARTIAL SCHEMATICS

ULN20x3A/L (Each Driver)

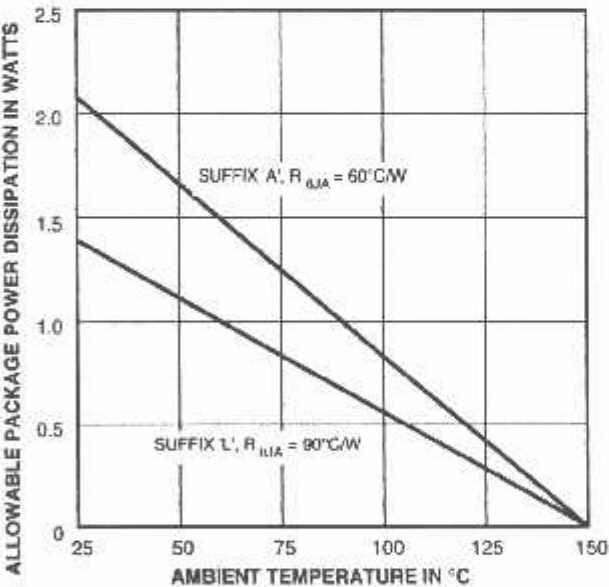


Dwg. No. A-8651

ULN20x4A/L (Each Driver)



Dwg. No. A-8898A



Dwg. GP-006A

X = Digit to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix above.



115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000  
Copyright © 1974, 1998 Allegro MicroSystems, Inc.

**2003 THRU 2024  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

**Types ULN2003A, ULN2003L, ULN2004A, and ULN2004L**  
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).**

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	$I_{CEX}$	1A	All	$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	< 1	50	$\mu\text{A}$
				$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	< 1	100	$\mu\text{A}$
		1B	ULN2004A/L	$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, V_{IN} = 1.0\text{ V}$	—	< 5	500	$\mu\text{A}$
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$	—	0.9	1.1	V
				$I_C = 200\text{ mA}, I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$	—	1.1	1.3	V
				$I_C = 350\text{ mA}, I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULN2003A/L	$V_{IN} = 3.85\text{ V}$	—	0.93	1.35	mA
			ULN2004A/L	$V_{IN} = 5.0\text{ V}$	—	0.35	0.5	mA
				$V_{IN} = 12\text{ V}$	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	$I_C = 500\text{ }\mu\text{A}, T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65	—	$\mu\text{A}$
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULN2003A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	2.4	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 250\text{ mA}$	—	—	2.7	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 300\text{ mA}$	—	—	3.0	V
			ULN2004A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 125\text{ mA}$	—	—	5.0	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	6.0	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 275\text{ mA}$	—	—	7.0	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 350\text{ mA}$	—	—	8.0	V
Input Capacitance	$C_{IN}$	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	$t_{PLH}$	8	All	$0.5\text{ }E_{IN}\text{ to }0.5\text{ }E_{OUT}$	—	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Turn-Off Delay	$t_{PHL}$	8	All	$0.5\text{ }E_{IN}\text{ to }0.5\text{ }E_{OUT}$	—	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Clamp Diode Leakage Current	$I_R$	6	All	$V_R = 50\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	50	$\mu\text{A}$
				$V_R = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	—	100	$\mu\text{A}$
Clamp Diode Forward Voltage	$V_F$	7	All	$I_F = 350\text{ mA}$	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.

2003 THRU 2024  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS

Types ULN2023A, ULN2023L, ULN2024A, and ULN2024L  
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	$I_{CEX}$	1A	All	$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	< 1	50	$\mu\text{A}$
				$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	< 1	100	$\mu\text{A}$
		1B	ULN2024A/L	$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, V_{IN} = 1.0\text{ V}$	—	< 5	500	$\mu\text{A}$
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$	—	0.9	1.1	V
				$I_C = 200\text{ mA}, I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$	—	1.1	1.3	V
				$I_C = 350\text{ mA}, I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULN2023A/L	$V_{IN} = 3.85\text{ V}$	—	0.93	1.35	mA
			ULN2024A/L	$V_{IN} = 5.0\text{ V}$	—	0.35	0.5	mA
				$V_{IN} = 12\text{ V}$	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	$I_C = 500\text{ }\mu\text{A}, T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65	—	$\mu\text{A}$
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULN2023A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	2.4	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 250\text{ mA}$	—	—	2.7	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 300\text{ mA}$	—	—	3.0	V
			ULN2024A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 125\text{ mA}$	—	—	5.0	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	6.0	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 275\text{ mA}$	—	—	7.0	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 350\text{ mA}$	—	—	8.0	V
Input Capacitance	$C_{IN}$	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	$t_{PLH}$	8	All	$0.5\text{ E}_{IN}$ to $0.5\text{ E}_{OUT}$	—	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Turn-Off Delay	$t_{PHL}$	8	All	$0.5\text{ E}_{IN}$ to $0.5\text{ E}_{OUT}$	—	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Lamp Diode Leakage Current	$I_R$	6	All	$V_R = 95\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	50	$\mu\text{A}$
				$V_R = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	—	100	$\mu\text{A}$
Lamp Diode Forward Voltage	$V_F$	7	All	$I_F = 350\text{ mA}$	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.



115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000



2003 THRU 2024  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS

TEST FIGURES

FIGURE 1A

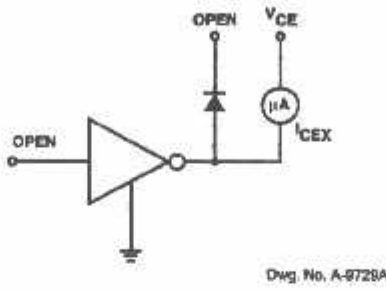


FIGURE 1B

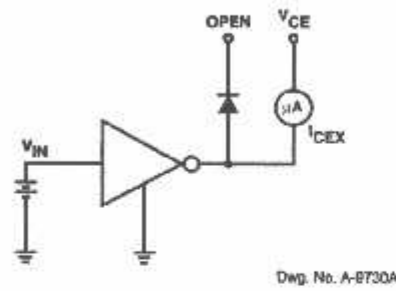


FIGURE 2

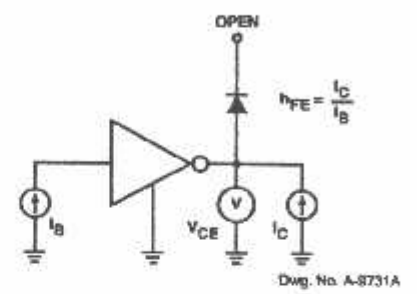


FIGURE 3

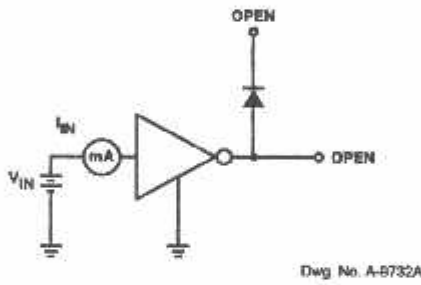


FIGURE 4

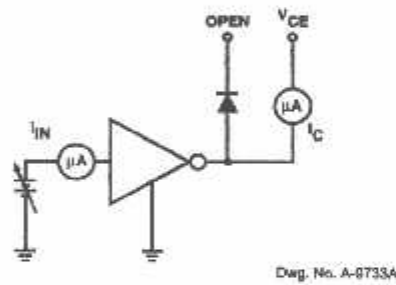


FIGURE 5

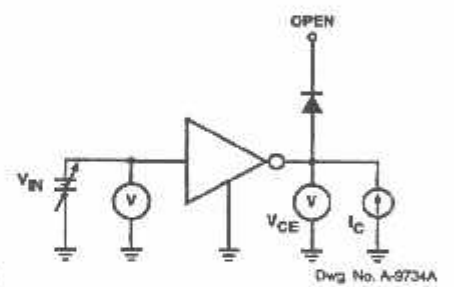


FIGURE 6

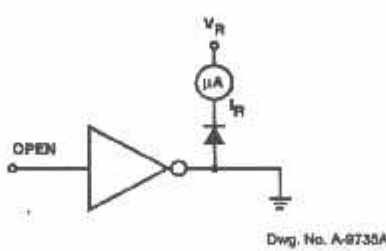


FIGURE 7

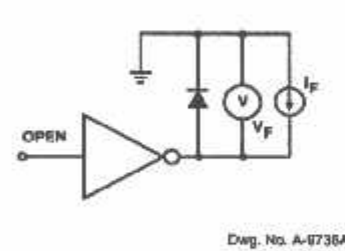
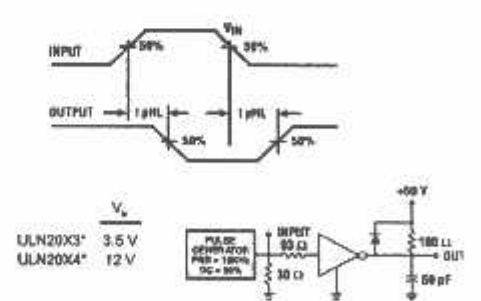


FIGURE 8

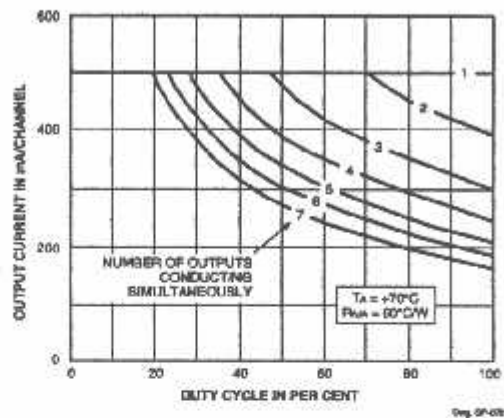


\* Complete part number includes a final letter to indicate package.

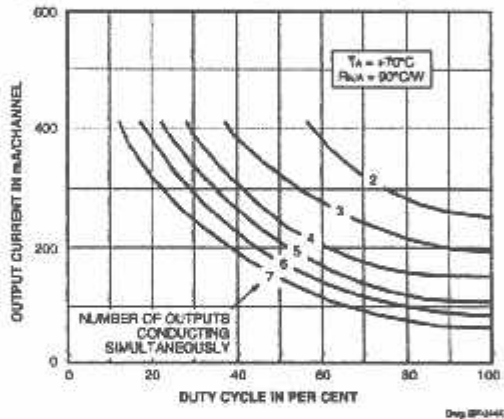
X = Digit to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

003 THRU 2024  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS

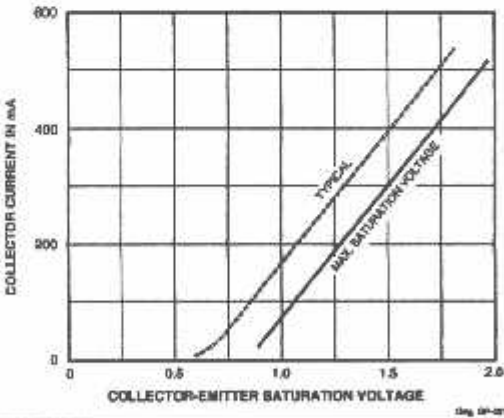
ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT  
AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE  
(Dual In-line-Packaged Devices, Suffix 'A')



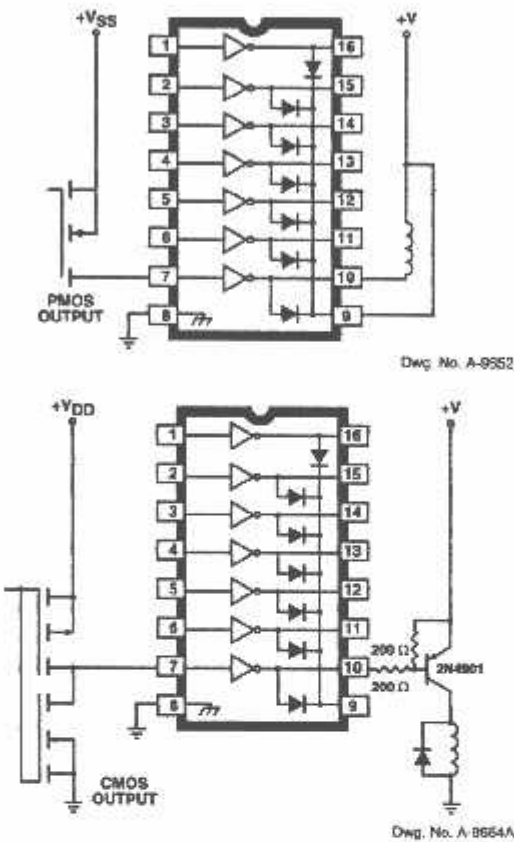
(Small-Outline-Packaged Devices, Suffix 'L')



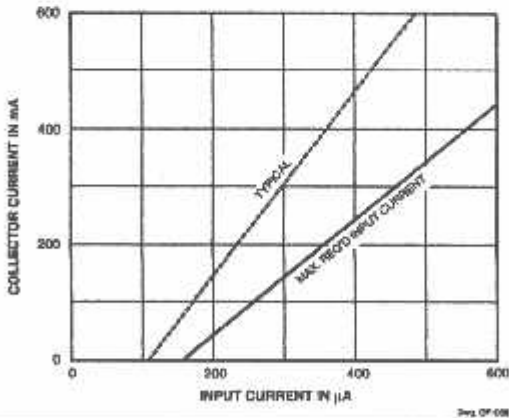
SATURATION VOLTAGE  
A FUNCTION OF COLLECTOR CURRENT



TYPICAL APPLICATIONS



COLLECTOR CURRENT AS A  
FUNCTION OF INPUT CURRENT

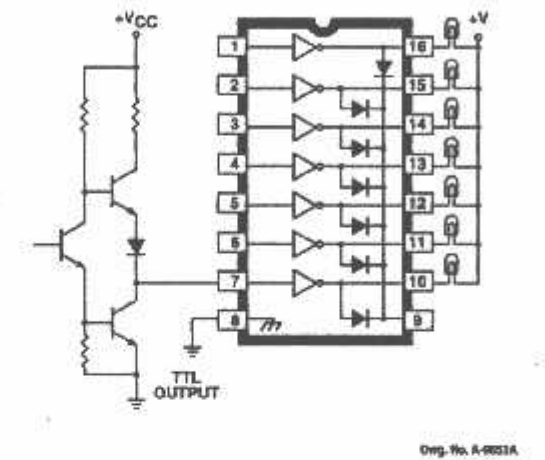


115 Northeast Cutoff, Box 15038  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

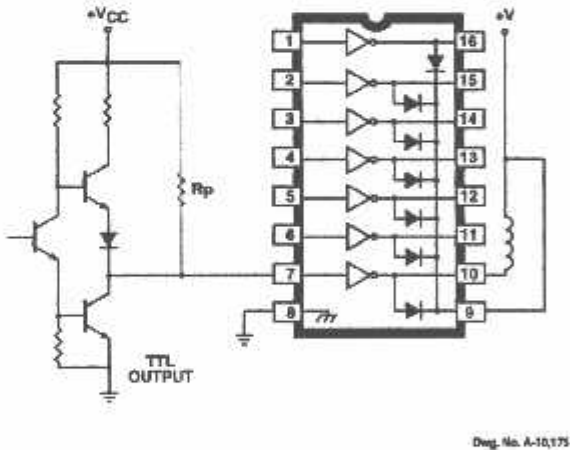
2003 THRU 2024

HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS

TYPICAL APPLICATIONS

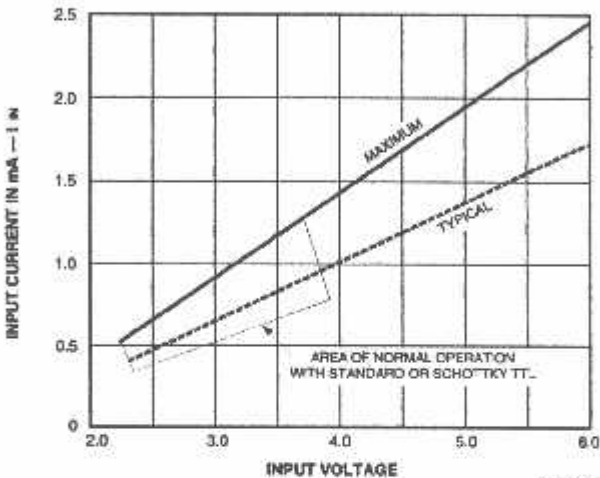


Orig. No. A-9851A



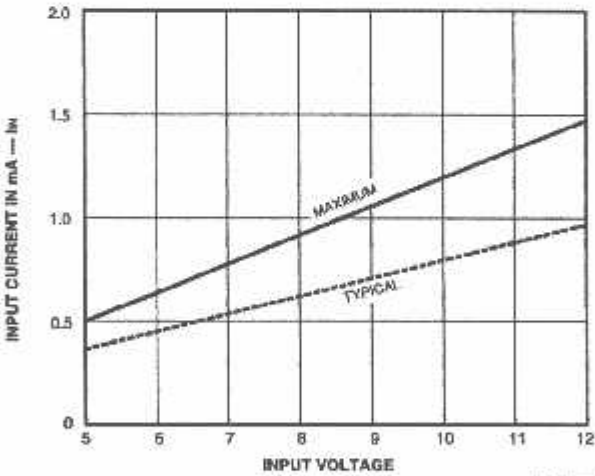
Orig. No. A-10175

INPUT CURRENT  
 AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE  
 Types ULN2003A, ULN2003L, ULN2023A, and  
 ULN2023L



Orig. 20-000

Types ULN2004A, ULN2004L, ULN2024A, and  
 ULN2024L

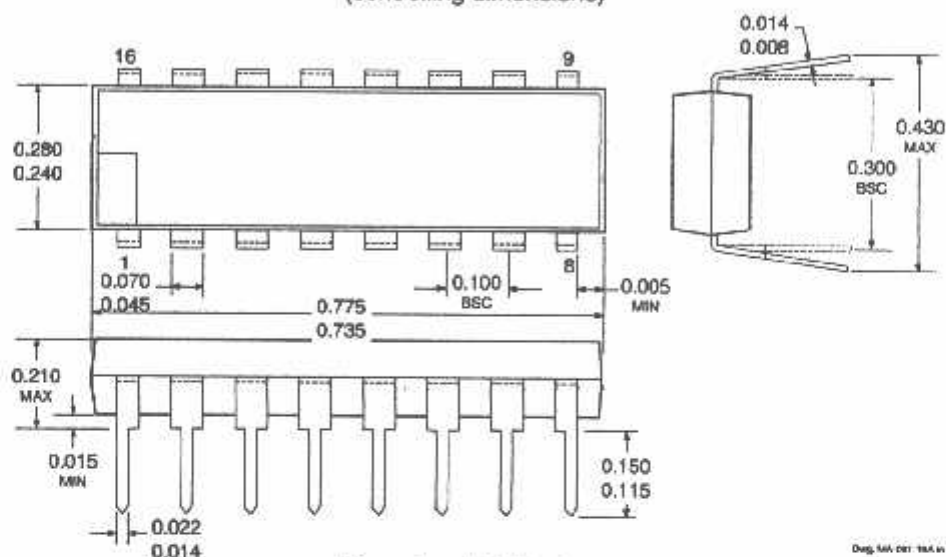


Orig. 03-000-1

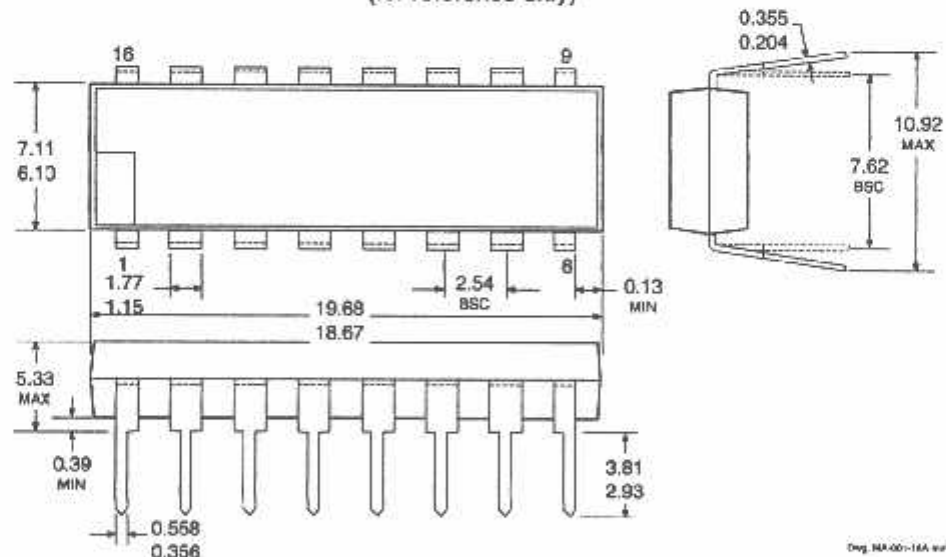
**2003 THRU 2024**  
**HIGH-VOLTAGE,**  
**HIGH-CURRENT**  
**DARLINGTON ARRAYS**

### PACKAGE DESIGNATOR "A"

Dimensions in inches  
(controlling dimensions)



Dimension in Millimeters  
(for reference only)



- ES: 1. Leads 1, 8, 9, and 16 may be half leads at vendor's option.  
2. Lead thickness is measured at seating plane or below.  
3. Lead spacing tolerance is non-cumulative.  
4. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.



115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000